

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-040428

(43)Date of publication of application : 06.02.2002

(51)Int.Cl. G02F 1/13363
G02F 1/1335
G02F 1/139

(21)Application number : 2000-273321

(71)Applicant : STANLEY ELECTRIC CO LTD
IIMURA YASUFUMI

(22)Date of filing : 08.09.2000

(72)Inventor : IWAMOTO YOSHIHISA
IIMURA YASUFUMI

(30)Priority

Priority number : 11274633
2000142035Priority date : 28.09.1999
15.05.2000

Priority country : JP

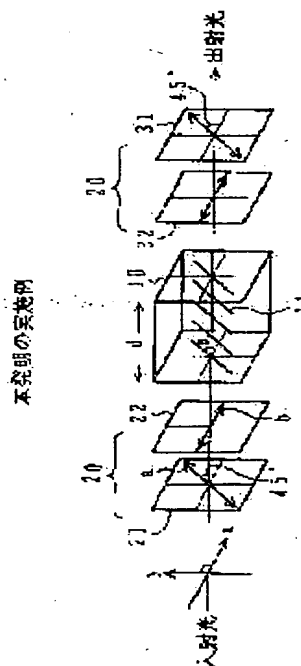
JP

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid crystal display device having an effective numerical aperture close to that of a liquid crystal display device in which liquid crystal molecules are in a single-crystalline array state, little visual angle dependence and excellent display quality in the liquid crystal display device having a liquid crystal array state in which liquid crystal molecules are arrayed in random directions in an azimuthal direction parallel to a substrate or in directions continuously changing in a plane parallel to the substrate.

SOLUTION: In the liquid crystal display device wherein a liquid crystal layer is interposed between a pair of substrates opposed to each other, the liquid crystal layer has a state in which: the liquid crystal molecules in the liquid crystal layer is arrayed in random directions in the azimuthal direction parallel to the substrate or in directions continuously changing in the surface parallel to the substrate; and circular polarizing plates are disposed on respective outsides of the pair of substrates or a circular polarizing plate is disposed on the outside of one of the pair of substrates; and a light reflecting plate is disposed adjacently to the other substrate side.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶層を一对の対向する基板で挟持した液晶表示装置であって、前記液晶層は、前記液晶層の液晶分子が、前記基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または前記基板に平行な面内で連続的に変化している状態を有し、前記一对の基板のそれぞれの外側に、円偏光板を配置している液晶表示装置。

【請求項2】 前記円偏光板は、直線偏光板と1/4波長板とを組み合わせ構成され、前記直線偏光板の透過軸の方向と前記液晶層の基板界面の液晶分子の配向方向とのなす角度が45度となっている請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記円偏光板は、直線偏光板と1/4波長板とを組み合わせ構成され、前記直線偏光板の透過軸の方向と前記1/4波長板の遅相軸の方向とが45°になるように配置されている請求項1あるいは2記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記一对の基板の両外側に配置された前記1/4波長板の遅相軸の方向が互いに平行または直交するように配置されている請求項3記載の液晶表示装置。

【請求項5】 液晶層を一对の対向する基板で挟持した液晶表示装置であって、前記液晶層は、前記液晶層の液晶分子が、前記基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または前記基板に平行な面内で連続的に変化している状態を有し、前記一对の基板の一方の外側に円偏光板を配置し、他方の基板側に隣接して光反射板を有する液晶表示装置。

【請求項6】 前記円偏光板は、直線偏光板と1/4波長板とを組み合わせ構成され、前記直線偏光板の透過軸の方向と前記1/4波長板の遅相軸の方向とが45°の関係になるように配置されている請求項5記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記1/4波長板の遅相軸の方向が任意の方向である請求項6記載の液晶表示装置。

【請求項8】 さらに前記液晶層に電圧を印加する電極を有し、前記電極により前記液晶層に形成される電界は、前記一对の基板間の方向あるいは、前記基板と平行な面内で均一でない請求項1あるいは5記載の液晶表示装置。

【請求項9】 前記液晶層の前記基板間方向の厚み d と、該厚み方向のカイラルピッチ p とが、 $d/p \leq 0.25$ になるように設定されている請求項2記載の液晶表示装置。

【請求項10】 前記一对の基板の内の表示面となる基板とは反対側の基板の外側に配置された前記円偏光板がコレステリックフィルムで構成されている請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項11】 前記液晶層がアモルファス配向ECBモード液晶セルである請求項1あるいは2あるいは5

記載の液晶表示装置。

【請求項12】 前記液晶層がアモルファス配向HANモード液晶セルである請求項1あるいは2あるいは5記載の液晶表示装置。

【請求項13】 前記液晶層がツイスト配向液晶セルである請求項1あるいは2あるいは5記載の液晶表示装置。

【請求項14】 前記液晶層が、スリット開口部を有する電極による電界により配向する垂直配向液晶セルである請求項1あるいは2あるいは5記載の液晶表示装置。

【請求項15】 前記一对の基板のそれぞれの外側に配置された前記円偏光板の各々は、直線偏光板と1/4波長板とを組み合わせ構成され、一方の前記円偏光板の前記1/4波長板の遅相軸の方向と他方の前記円偏光板の前記1/4波長板の遅相軸の方向とが互いに直交するように配置されている請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項16】 前記一对の基板のそれぞれの外側に配置された前記円偏光板の一方と他方の直線偏光板の透過軸の方向は互いに直行するように配置されている請求項15記載の液晶表示装置。

【請求項17】 前記1/4波長板は、理想的な1/4波長板の波長分散性に比べてより小さな波長分散性を有する請求項16記載の液晶表示装置。

【請求項18】 前記1/4波長板は、材料を所定の方向に延伸した延伸軸を有する一枚のフィルムからなる請求項17記載の液晶表示装置。

【請求項19】 前記液晶層が、ECBモード液晶セルである請求項15から18のいずれか1項記載の液晶表示装置。

【請求項20】 前記1/4波長板の表面と平行な方向で互いに直交する方位角方向の屈折率を N_x 、 N_y とし、厚み方向の屈折率を N_z としたときに、前記一对の基板のそれぞれの外側に配置された前記円偏光板の前記1/4波長板の各々が $N_x > N_y > N_z$ の関係を有するフィルムであり、一方の円偏光板と他方の円偏光板の1/4波長フィルムの N_z の軸方向は同一で、 N_x の方向が交差している請求項15記載の液晶表示装置。

【請求項21】 前記1/4波長板が $N_x > N_y > N_z$ の関係を有する少なくとも2枚のフィルムからなる請求項20記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置に係わり、特に、液晶分子が、基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または基板に平行な面内で連続的に変化している液晶配列状態を持つ液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置において、液晶自身の複屈折性により、表示面の観察方向（視認角）が変化する

(3)

3

と、それにつれて表示状態も変化するという問題がある。これは、液晶層における液晶分子が基板界面の配向規制により、単結晶的配列をしているためと考えられる。

【0003】この視認角依存性を少なくして、どの観察方向から同じような表示状態とする方法として、液晶分子を画素内であらゆる方向にランダムに配向させるいわゆるマルチドメイン法が考案されている。たとえば、各画素の一つ一つを二つあるいは四つの異なる配列方位を持った液晶分子で構成される複数の副画素に分割して構成するものが多く提案されている。マルチドメイン法では、全方位に液晶配列する副画素（ドメイン）が存在するアモルファス配向や、ASM（Axially Symmetric aligned Micro-cell）配向すなわち軸対称配向等が視認角依存性の対策としてもっとも有効であると考えられる。

【0004】液晶セルの光透過率が高く、良好な表示状態を得るためには、液晶配向方向と偏光板配置の関係は、ある特定の条件を満たしている必要がある。

【0005】図35は、ECB型（Electrically Controlled Birefringence）-LCD（液晶表示装置）の電圧印加時の様子を模式的に描いたものである。液晶層を対向する一対の透明基板（図示せず。）で挟持したECB型液晶セル1は、互いに直交する透過軸（偏光軸）方向（矢印）の直線偏光板2、3で挟持されている。4は液晶分子の長軸方向を模式的に図示したもので、例えば、電圧無印加時には、偏光板に対して垂直な方向に立っていて、互いに直交関係にある偏光板2、3により光は通過できないで暗表示となる。電圧印加時には、液晶分子は図35のよう

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ECB型LCDにおいて高透過率でかつ高コントラストな表示を実現するには、偏光板2、3の透過軸（偏光軸）とセル基板界面の液晶分子の配向方向とのなす角度は、45度とするのが通常である。従って、1画素における液晶配向方向の方位がランダム性が強いアモルファス配向やASMモードやあるいは電圧印加時の垂直配向ECBモードのLCDでは、そのような角度条件を満たさない副画素が存在することにより実効的な開口率が低下し、光透過率の低下を招き、特に、表示面の正面方向から観察した時の電気光学特性が著しく低下する。

【0007】本発明の目的は、液晶分子が、基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または基板に平行な面内で連続的に変化している液晶配列状態を持つ液晶表示装置において、液晶分子が単結晶的配列

4

の液晶表示装置と同等な実効開口率を有し、視角依存性が少なく、しかも表示品質の優れた液晶表示装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によれば、液晶層を一対の対向する基板で挟持した液晶表示装置は、前記液晶層は、前記液晶層の液晶分子が、前記基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または前記基板に平行な面内で連続的に変化している状態を有し、前記一対の基板のそれぞれの外側に、円偏光板を配置している。

【0009】本発明の他の観点によれば、液晶層を一対の対向する基板で挟持した液晶表示装置であって、前記液晶層は、前記液晶層の液晶分子が、前記基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または前記基板に平行な面内で連続的に変化している状態を有し、前記一対の基板の一方の外側に円偏光板を配置し、他方の基板側に隣接して光反射板を有する液晶表示装置も含む。

【0010】偏光手段に円偏光板を使用したことによって、液晶セル内の方位角方向の異常配向状態を不可視化して、かつその領域を有効画素化することにより実効的な開口率を向上させる。本発明は、透過型液晶表示装置と反射型液晶表示装置のいずれにも適用可能である。

【0011】

【発明の実施の形態】通常、液晶セルの前後、すなわち、前面と後面とには、図35の例でも示したように、それぞれ直線偏光板が貼り付けてあるが、本発明においては、直線偏光板の代わりに円偏光板を使用することにより、液晶層の液晶分子が、前記基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列したり、または基板に平行な面内で連続的に変化している状態を持つ液晶表示装置であっても、液晶分子が単結晶的配列の液晶表示装置と同様な実効開口率を有する表示状態が得られる。しかも、視角依存性が少なく、表示品質が優れる。

【0012】図1に、本発明の実施例による透過型の液晶表示装置の模式図を示す。10は、液晶層であり、図示しない一対の透明基板で液晶11を含む液晶層10が挟持されている。液晶層10の両外側には、それぞれ円偏光板20、30が配置されている。円偏光板20は、直線偏光板21と1/4波長板22とで構成される。直線偏光板21の透過軸の方向aと1/4波長板22の遅相軸の方向bとが45°になるように配置されている。もう一方の円偏光板30も直線偏光板31と1/4波長板32とで構成されていて、直線偏光板と1/4波長板の順序は逆である。

【0013】すなわち、直線偏光板21と31とは液晶セル10の前後にその透過軸がx軸に対して45°で平行配置され、1/4波長板22と32はいずれも遅相軸が平行で0°である。この配置条件で、液晶分子1

(4)

5

1がx軸に関して方位角 θ だけ傾いている場合、ジョーンズベクトルを用いて正面出射電界 E_{out} を示すと式1の通りとなる。

*【0014】

【数1】

$$E_{out} = \begin{bmatrix} E_{out-x} \\ E_{out-y} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \cos\theta(e^{i\delta}-1)e^{-i\delta}+1 & i\sin\theta(e^{i\delta}-1)e^{-i\delta}-1 \\ -\cos\theta(e^{i\delta}-1)e^{-i\delta}-1 & -i\sin\theta(e^{i\delta}-1)e^{-i\delta}+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{in-x} \\ E_{in-y} \end{bmatrix}$$

$$\text{ここで } \delta = \begin{cases} \frac{2\pi\Delta n d}{2} \longrightarrow \text{透過型} \\ 2\pi\Delta n d \longrightarrow \text{反射型} \end{cases} \quad \dots(1)$$

【0015】ここで、 E_{in} は正面入射光電界を示す。 ※

Δn は屈折率異方性、 $\Delta n d$ はリタデーション、 i は虚数単位を示す。液晶セル10に入射する電界 E_{in} は、円偏光板20を通過するだけなので、次の式2で表せ ※

【0016】

【数2】

$$\begin{bmatrix} E_{in-x} \\ E_{in-y} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

【0017】これを考慮して、出射光強度 I を求める
と、式3に示すように、液晶層10のリタデーション δ のみの関数となる。

20★【0018】

【数3】

$$I = E_{out} \cdot E_{out}^* = \sin^2 \delta \quad \dots(3)$$

【0019】但し、 E_{out}^* は E_{out} の複素共役である。すなわち、透過光強度 I は、液晶配向の方位 θ には無関係で、液晶層10の厚さ方向の液晶分子配列のみに依存する。

【0020】図1の透過型液晶表示装置のほかに、反射型液晶表示装置の実施例を図2に示す。図2で、40は光反射板あるいは反射面であり、出射光は液晶層を2回透過するが、それ以外は図1の実施例と同様であり、同じような効果を得ることができる。

【0021】図3は、透過型液晶表示装置の別の実施例を示す。図1の場合と異なるのは、前後の円偏光板20と50との間の透過軸と遅相軸が直交した関係になっていることである。すなわち、出射側の円偏光板50の直線偏光板51の透過軸 c と入射側の円偏光板20の直線偏光板21の透過軸 a とは互いに直交し、出射側の円偏光板50の $1/4$ 波長板52の遅相軸 e と入射側の円偏光板20の $1/4$ 波長板22の遅相軸 b とは互いに直交している。この実施例でも、図1の実施例と同様な効果

を得ることができる。

【0022】図4は、透過型液晶表示装置の別の実施例を示す。図1～図3の場合と異なるのは、入射側の円偏光板60を構成する偏光子（直線偏光板）61の透過軸 a と液晶分子11の配向方向とのなす角度が4.5度と設定してあり、それに伴い出射側の円偏光板70を構成する検光子（直線偏光板）71の透過軸 c と液晶分子11の配向方向とのなす角度も4.5度となっていることである。さらに、出射側の円偏光板70の検光子71の透過軸 c と入射側の円偏光板60の偏光子61の透過軸 a とは互いに直交し、出射側の円偏光板70の $1/4$ 波長板72の遅相軸 e と入射側の円偏光板60の $1/4$ 波長板62の遅相軸 b とは互いに直交している。

【0023】図4の実施例の出射光電界強度 E_{out} をジョーンズベクトルを用いて示すと式4の通りとなる。

40【0024】

【数4】

(5)

$$\begin{aligned}
 E_{out} &= \begin{bmatrix} E_{xout} \\ E_{yout} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{i\delta} \cos^2 \theta + \sin^2 \theta & \sin \theta \cos \theta (e^{i\delta} - 1) \\ \sin \theta \cos \theta (e^{i\delta} - 1) & e^{i\delta} \sin^2 \theta + \cos^2 \theta \end{bmatrix} \\
 &\quad \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{xin} \\ E_{yin} \end{bmatrix} \\
 E_{out} &= \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ i E_{xin} (e^{i\delta} + 1) \end{bmatrix} \quad \dots (4)
 \end{aligned}$$

【0025】さらに出射光強度 I_{out} は、式5に示すようになる。

【0026】

【数5】

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_{in} \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \dots (5)$$

【0027】この実施例でも、液晶層10のリタレーション δ のみの関数となり、透過光強度は液晶分子の方位角 θ には無関係となつて、図1～図3の実施例と同様な効果を得ることができる。

【0028】この式によると、円偏光板を使用した場合、透過光強度は液晶分子の方位角 θ に関係ないことが判る。理想的な円偏光板を用いた場合、円偏光板と液晶層との配置は任意でよい。すなわち、円偏光板の軸方位は原理的には任意でよいことになる。

【0029】なお、図4の実施例の入射側と出射側の円偏光板の1/4波長板の遅相軸は互いに平行であるために、円偏光の回転方向は入射側と出射側で同一（いずれも右回りか、あるいは左回り）となるので、ノーマリホワイト表示が得られる。図4の配置で、入射側と出射側の円偏光板の1/4波長板の遅相軸を互いに直交させると出射光強度 I_{out} は、式6に示すようになる。この場合、円偏光の回転方向は入射側と出射側で逆回りとなるので、ノーマリブラック表示が得られる。

【0030】

【数6】

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_{in} \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \dots (6)$$

【0031】

【実施例】次に、図1～図3に示した液晶表示装置の実施例について、実際に作製して試験した結果を図5と図6を参照して説明する。

【0032】各画素の液晶を駆動するコモン電極100を、長方形のストライプ状として、その中央部に隣接電極間隔と同じ幅の10 μ mでスリット開口部101（非電極部）を設けて、スリットのエッジ部による斜め電界（フリンジ電界、不均一電界）を利用して液晶分子の配向制御を行い、視角特性を改善した液晶セルと、円偏光

板との組み合わせを使用した。

【0033】液晶セルは、セル厚 $d = 3.8 \mu\text{m}$ 、誘電率異方性が負 $\Delta\epsilon < 0$ であり、スリット電極100は電極間隔（＝スリット幅）が10 μ mである。印加電圧は4.3Vrmsで矩形交流波である。測定用光源として、ハロゲンランプに中心波長が530nmのニコン製バンドパスフィルタを介して使用した。なお、参考のために、従来の直線偏光板を使用したものも作製して、比較測定を行った。

【0034】図5は、従来の直線偏光板を使用したものであり、図6は、同じ液晶セルに円偏光板（直線偏光板+1/4波長板）を使用した本発明の実施例によるもので、いずれもニコン製偏光顕微鏡で、上記条件で電極のある面を撮影したものである。

【0035】図5の従来例の場合、直線偏光板は偏光顕微鏡に備わっているものを利用した。この場合、不均一電界（斜め電界）による液晶分子配向制御が行われているために、液晶分子の方位配向方向が1画素内で均一ではない。従って、液晶セル前後に配置した直線偏光板の透過軸方向 f 、 g と平行に配置している液晶分子の領域は電圧を印加しているにもかかわらず、光透過率が十分上昇しておらず、写真のように暗い影状に見えることが分かる。これは、暗い部分が液晶のダイレクタと偏光板の透過軸とが一致して、配向方向と偏光板の透過軸方向との関係が45°という最適条件を満たしていないためである。

【0036】図6の円偏光板を用いた、本発明の実施例の場合、入射側の円偏光板に使用する直線偏光板は、偏光顕微鏡に備え付けのものを利用し、1/4波長板はニコン製の530nm用を使用し、もう一方の円偏光板用の直線偏光板と1/4波長板とは、サンリツ製円偏光板を用いた。図6の h と i は上側と下側の1/4波長板の遅相軸方向を示す。 x は上側直線偏光板の透過軸方向で、 y は下側直線偏光板の透過軸方向を示す。図6の写真から明らかなように、図5の従来のもので見られた暗い影状の部分は消失し、実効開口率は向上している。

【0037】図7に、その他に行ったシュミレーション検討結果をグラフで示す。図7は、本発明の円偏光板を使用する液晶表示装置で、液晶セルの液晶分子のツイスト角の大きさによりどのような影響があるか検討した結

(6)

9

果である。同図で、(a)、(b)、(c)、(d)は、それぞれ、ツイスト角が 0° 、 90° 、 180° 、及び 240° の場合を示し、横軸が印加電圧、縦軸が光透過率を示す。そして、各グラフで実線が従来の直線偏光板使用のもので、点線が本発明の円偏光板使用の場合である。

【0038】図7から明白なように、円偏光板を使用した場合には、ツイスト角が大きくなればなるほど、透過率の低下が大きくなる。従って、ツイスト角は $0^\circ \sim 200^\circ$ 程度の範囲が実用的に望ましく、特に $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲が好ましい。

【0039】次に、図8の(a)の特性グラフは、図1の実施例の液晶層と円偏光板の配置における印加電圧(横軸)に対する光透過率(縦軸)についての検討結果を示したものである。ここで液晶のツイスト角は 0° とした。プレティルト角は 89.9° (垂直配向)である。この場合、液晶層10を光軸を中心として回転させても、特性は図7の(a)と殆ど変わらなかった。すなわち、円偏光板と液晶分子の配向方向の関係は、任意とすることができることが分かった。

* 20

基板：TSP-018 電極：面抵抗 $10\Omega/\square$ ：SLIT(スリット)配向用

TSP-019

TSP-014

配向膜成膜：スピナー使用($2000\text{rpm}/60\text{s}$ e c)

配向膜：水平配向用、垂直配向用、光配向用

プリベーク：ホットプレートにて 90°C で2分間

ポストベーク：水平配向用で 240°C 、垂直配向用で 160°C 、光配向用で 200°C

ギャップ制御：顕微鏡 $1/4$ 視野当り $3.8\mu\text{m}$ 径120個(SHセルのみ)

顕微鏡 $1/4$ 視野当り $5.0\mu\text{m}$ 径80個(その他のセル)

シール：真空注入パターン(SHセルのみ)、毛細管注入パターン(その他のセル)

プレス：通常条件($1.1\text{kg}/\text{cm}^2$)

実験例(1)一軸a-ECBモードLCD

表示側配向膜：水平配向用

裏側配向膜：水平配向用

セル厚： $5.0\mu\text{m}$

液晶：MLC-2019

$d/p: 0$

$\Delta n d: 0.387\mu\text{m}$

$\Delta \epsilon: > 0$

顕微鏡写真：図9

電気光学特性：図17

実験例(2)a-TNモードLCD

表示側配向膜：水平配向用

裏側配向膜：水平配向用

セル厚： $5.0\mu\text{m}$

液晶：ZLI-3504-100

10

*【0040】さらに、図8の(b)の特性グラフは、図1の実施例の液晶層と円偏光板の配置における印加電圧(横軸)対透過率(縦軸)の別の検討結果を示したものである。カイラル剤を添加して液晶のツイスト角は 90° とした。プレティルト角は 89.9° (垂直配向)である。この場合、液晶層10は固定し、出射側の円偏光板50を光軸を中心として回転させた。この場合、図3の配置も含まれることになる。このようにして円偏光板50を回転させても、図8の(b)の特性は殆ど変わらなかった。すなわち、前後の円偏光板の配置関係は、任意とすることができることが分かった。

【0041】次に、図4に示す液晶表示装置の実施例に関し、基本的構成は共通で、以下に示すような(1)～(6)の六つの異なる条件の液晶セルを実際に作成して、それらの特性をそれぞれについて測定した実験例の結果を説明する。それら各セルの共通の製造条件は、次の通りである。なお、記号a-はアモルファス、SHはスーパーホメオトロピック、HANはハイブリッドアラインドネマティックを意味する。

* 20 【0042】

$10\Omega/\square$ ：SLIT(スリット)配向用

$10\Omega/\square$ ：a-SH, 光配向SH用

$100\Omega/\square$ ：SH以外

$d/p: 0.25$

$\Delta n d: 0.485\mu\text{m}$

$\Delta \epsilon: > 0$

顕微鏡写真：図11

電気光学特性：図19

実験例(3)a-HANモードLCD

表示側配向膜：垂直配向用

裏側配向膜：水平配向用

セル厚： $5.0\mu\text{m}$

液晶：ZLI-5200-000

$d/p: 0$

$\Delta n d: 0.6\mu\text{m}$

$\Delta \epsilon: > 0$

顕微鏡写真：図10

電気光学特性：図18

実験例(4)SLIT配向SHモードLCD

表示側配向膜：垂直配向用

裏側配向膜：垂直配向用

セル厚： $3.8\mu\text{m}$

液晶：MJ95170+CB-15

$d/p: 0, 0.25, 0.7$

$\Delta n d: \text{約} 1.0\mu\text{m}$

$\Delta \epsilon: < 0$

顕微鏡写真：図12(a)、(b)、図14(a)、(b)、図16(a)、(b)

電気光学特性：図20

実験例(5)a-SHモードLCD

(7)

11

表示側配向膜：垂直配向用

裏側配向膜：垂直配向用

セル厚：3.8 μm

液晶：MJ95170+CB-15

d/p：0.025、0.7

 $\Delta n d$ ：約1.0 μm $\Delta \epsilon$ ：<0

顕微鏡写真：図12(c)、(d)、図14(c)、(d)、図16(c)、(d)

電気光学特性：図21

実験例(6)一軸SHモードLCD

表示側配向膜：光配向用

裏側配向膜：光配向用

セル厚：3.8 μm

液晶：MJ95170+CB-15

d/p：0.025、0.7

 $\Delta n d$ ：約1.0 μm $\Delta \epsilon$ ：<0

顕微鏡写真：図13、図15、図16(e)、(f)

電気光学特性：図22

なお、アモルファス配向(a-)のセルについては、比較のために水平配向膜をラビングした(推定プレティルト角1.5°)の通常セルも作成した。光配向セルは254nm波長の偏光光源で基板面に対して45°の斜め方向からの照射条件で得られるプレティルト角を基準に作成した。アモルファスセルの液晶注入は、ホットプレート上で等方相にて行い、注入後に自然冷却した。

【0043】上記の各モードのセルを作成して、表示面のテクスチャー観察を偏光顕微鏡観察システムにて行った。直線偏光板はSQX852-AP-HC、円偏光板は住友化学試作円偏光板CP-B(右回り円偏光板)/CP-B、CP-B/CP-D(左回り円偏光板)を使用した。そして、電気光学特性の測定は、LCD5000AGSにて行った。その際の直線偏光板と円偏光板はテクスチャー観察時のものと同じである。リファレンスはガラス、セルの駆動波形はスタティックで1kHzに固定し、光源はハロゲンランプである。

<テクスチャー観察結果>

(1)一軸配向セル

図9は、実験例(1)のa-ECBモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真であり、同図(a)は、従来の技術のセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合で、同図の(b)は、本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図(c)は、本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-B配置とした場合の顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0044】図10は、実験例(3)のa-HANモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真であり、同図(a)は、従来の技術のセルの前

12

後に直線偏光板を直交関係で配置した場合で、同図の

(b)は、本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図(c)は、本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-B配置とした場合の顕微鏡写真をそれぞれ示す。なお、図において、矢印Pは偏光子61の透過軸方向を、矢印Aは検光子71の透過軸方向をそれぞれ示す。また、CP-Bは右回りの円偏光となる円偏光板を、CP-Dは左回りの円偏光となる円偏光板の組み合わせを示す。

10 【0045】図9と図10の(a)の直線偏光板の配置の場合には、液晶配向がランダム性のために、暗い領域が多く見られ、実質的な開口率が低いことがわかる。同図(b)の円偏光板をCP-B/CP-D配置(ノーマリブラック表示)の場合は、点欠陥が見られるが、見かけ上かなり均一な配向状態のように観察され、大幅に開口率が向上していることがわかる。同図(c)の円偏光板をCP-B/CP-B配置(ノーマリホワイト表示)とした場合は、写真が暗くてわかりにくい、実際にはかなり均一な表示が得られている。

20 【0046】なお、これらのモードではアモルファス配向のドメインサイズをより小さくしたセルについても確認を行ったが、点欠陥が増える以外は表示の均一性に違いは見られなかった。従って、点欠陥を少なくするためにはドメインサイズを大きくした方が良いと考えられる。

(2)ツイスト配向

図11は、実験例(2)のa-TNモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真であり、同図(a)は、従来の技術によるセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合で、同図の(b)は、本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図(c)は、本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-B配置とした場合の顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0047】a-TNモードの場合は、配向方向がランダムであるにもかかわらず、表示の均一性は、図10

(a)の従来の直線偏光板の組み合わせと、同図(c)の発明の実施例の円偏光板をCP-B/CP-B配置とした場合とで両者ともほぼ同等な均一性を得ている。本来、a-TNの光透過率は、通常のTNの98%程度が得られることが分かっている。なお、このツイスト配向の場合が一軸性配向と異なる点は、CP-B/CP-B配置でノーマリブラック表示で、CP-B/CP-D配置でノーマリホワイト表示となることである。これは、液晶層で光の偏光方向が90°回転しているためと考えられる。

(3)垂直配向

図12は、実験例(4)のSLIT配向SHモードと、実験例(5)のランダム配向SHモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真である。

50

(8)

13

垂直配向用配向膜を使用し、セルギャップ d とカイラルピッチ p との比 d/p は0である。同図(a)は、従来の技術によるSLIT配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合で、同図の(b)は、SLIT配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図

(c)は、従来の技術によるランダム配向SHモードの液晶セル前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合であり、同図(d)は、本発明の実施例によるランダム配向SHモードの液晶セルに円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合の顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0048】図13は、実験例(6)の光配向一軸SHモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真である。垂直配向用配向膜を使用し、セルギャップ d とカイラルピッチ p との比 d/p は0である。同図(a)は、従来の技術による光配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置しチルト角が 89.9° とした場合で、同図の(b)は、光配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置としチルト角が 89.9° とした場合で、同図(c)は、従来の技術による光配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置しチルト角が 89.5° とした場合で、同図(d)は、本発明の実施例による光配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置としチルト角が 89.5° とした場合での顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0049】図14は、実験例(4)のSLIT配向SHモードと、実験例(5)のランダム配向SHモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真である。垂直配向用配向膜を使用し、図12と異なる点は、セルギャップ d とカイラルピッチ p との比 d/p は0.25としたことである。同図(a)は、従来の技術によるSLIT配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合で、同図の(b)は、SLIT配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図

(c)は、従来の技術によるランダム配向SHモードの液晶セル前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合であり、同図(d)は、本発明の実施例によるランダム配向SHモードの液晶セルに円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合の顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0050】図15は、実験例(6)の光配向一軸SHモードの液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真である。垂直配向用配向膜を使用し、図13と異なる点は、セルギャップ d とカイラルピッチ p との比 d/p は0.25としたことである。同図(a)は、従来の技術による光配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置しチルト角が 89.9° とした場合で、同図の(b)は、光配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置

14

としチルト角が 89.9° とした場合で、同図(c)は、従来の技術による光配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置しチルト角が 89.5° とした場合で、同図(d)は、本発明の実施例による光配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置としチルト角が 89.5° とした場合での顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0051】図16は、実験例(4)のSLIT配向SHモードと、実験例(5)のランダム配向SHモードと、実験例(6)の光配向一軸SHモードの各液晶セルにおいて、電圧無印加時のテクスチャー顕微鏡写真である。垂直配向用配向膜を使用し、図12～15と異なる点は、いずれもセルギャップ d とカイラルピッチ p との比 d/p は0.7としたことである。同図(a)は、従来の技術によるSLIT配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合で、同図の(b)は、SLIT配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図(c)は、従来の技術によるランダム配向SHモードの液晶セル前後に直線偏光板を直交関係で配置した場合であり、同図(d)は、本発明の実施例によるランダム配向SHモードの液晶セルに円偏光板をCP-B/CP-D配置とした場合で、同図(e)は、従来の技術による光配向SHモードセルの前後に直線偏光板を直交関係で配置しチルト角が 89.5° とした場合で、同図(f)は、本発明の実施例による光配向SHモードセルで本発明の実施例による円偏光板をCP-B/CP-D配置としチルト角が 89.5° とした場合の顕微鏡写真をそれぞれ示す。

【0052】図12～図16に示した垂直配向モードのテクスチャー観察においても、従来の直線偏光板の組み合わせに比べて、本発明の円偏光板を使用した場合では、すべての条件においてブラッククロスが消失し、ブラッククロスの交点のみが点欠陥になっていることが分かる。特にランダム配向SHモードでは著しく特性改善がされることが顕微鏡写真からわかるであろう。

<電気光学特性>

(1) 一軸配向セル

上記した実験例(1)のa-ECBモードセルと、実験例(3)のa-HANモードセルの印加電圧(横軸)対光透過率(縦軸)の電気光学特性のグラフを図17と図18にそれぞれ示す。いずれの特性図においても、比較のために従来の直線偏光板を組み合わせたセルの特性を付記してある。実線が従来の単結晶的配向セルに直線偏光板を組み合わせた場合で、一点鎖線がa-ECBモードセルで従来の直線偏光板を組み合わせた場合で、破線が本発明の実施例によるa-ECBモードセルに円偏光板をCP-B/CP-D配置で組み合わせた場合の特性である。

【0053】同特性図から、アモルファス配向セルにお

(9)

15

いて、円偏光板を使用したことによって、従来の直線偏光板使用の場合に比較して、最大透過率 T_{max} が向上していることが分かる。しかし、単結晶的配向セルの特性には及ばないことも分かる。これは、円偏光板によって、ドメイン間の配向不連続性が完全には除去しきれないことが影響していると考えられる。

(2) ツイスト配向セル

図19に上記した実験例(2)のa-TNモードセルの印加電圧対光透過率の電気光学特性のグラフを示す。いずれの特性図においても、比較のために従来の直線偏光板を組み合わせたセルの特性を付記してある。実線が従来の単結晶的配向セルに直線偏光板を組み合わせた場合で、一点鎖線がa-TNモードセルで従来の直線偏光板を組み合わせた場合で、荒い破線が本発明の実施例によるa-TNモードセルに円偏光板をCP-B/CP-D配置で組み合わせた場合で、細かい破線が本発明の実施例によるa-TNモードセルに円偏光板をCP-B/CP-B配置で組み合わせた場合の特性である。

【0054】図19の特性から、ツイスト配向セルの場合には、円偏光板の組み合わせの特性は、直線偏光板との組み合わせの特性からは大幅に異なることが分かる。従って、ツイスト配向セルにおいての円偏光板の使用は大幅な特性の向上にはつながらないであろう。但し、反射型液晶表示装置に使用した場合には、円偏光の回転が液晶内で180°あり、特性改善が期待できるであろう。

(3) 垂直配向セル

上記した実験例(4)のSLIT配向モードセルと、実験例(5)のランダム配向SHモードセルと、実験例(6)の一軸配向SHセルの印加電圧対光透過率の電気光学特性のグラフを図20と図21と図22とにそれぞれ示す。

【0055】図20の特性図においても、比較のために従来の直線偏光板を組み合わせたセルの特性を付記してある。実線が従来のセル($d/p=0$)に直線偏光板を組み合わせた場合で、一点鎖線がSLIT配向セル($d/p=0$)で円偏光板を組み合わせた場合で、破線①がSLIT配向セル($d/p=0.25$)に直線偏光板を組み合わせた場合、破線②がSLIT配向セル($d/p=0.25$)に円偏光板を組み合わせた場合、破線③がSLIT配向セル($d/p=0.7$)に直線偏光板を組み合わせた場合、破線④がSLIT配向セル($d/p=0.7$)に円偏光板を組み合わせた場合の特性である。

【0056】図21の特性図は、実線が従来のセル($d/p=0$)に直線偏光板を組み合わせた場合で、一点鎖線がランダム配向SHセル($d/p=0$)で円偏光板を組み合わせた場合で、破線①がランダム配向SHセル($d/p=0.25$)に直線偏光板を組み合わせた場合、破線②がランダム配向SHセル($d/p=0.25$)に円偏光板を組み合わせた場合、破線③がランダム

16

配向SHセル($d/p=0.7$)に直線偏光板を組み合わせた場合、破線④がランダム配向SHセル($d/p=0.7$)に円偏光板を組み合わせた場合の特性である。

【0057】図22の特性図は、実線が従来のセル($d/p=0$)に直線偏光板を組み合わせた場合で、一点鎖線が一軸配向SHセル($d/p=0$)で円偏光板を組み合わせた場合で、破線①が一軸配向SHセル($d/p=0.25$)に直線偏光板を組み合わせた場合、破線②が一軸配向SHセル($d/p=0.25$)に円偏光板を組み合わせた場合の特性である。プレティルト角はいずれも89.5°である。

【0058】図20～図22の特性において、円偏光板をCP-B/CP-B配置で組み合わせた $d/p=0$ と、 $d/p=0.25$ の条件において、すべての配向条件で T_{max} が上昇しているのが確認できた。特にランダム配向SHセルと一軸配向SHセル(89.5°)では T_{max} の値が高い。このように円偏光板の使用によって、実効開口率は大幅に増加し、シャープネスの向上ももたしている。しかし、 $d/p=0.7$ の条件では、 T_{max} は直線偏光板の使用の場合よりも低下する。但し、しきい値低下及びシャープネスの向上の効果は得られている。すなわち、すべての配向条件で円偏光板を用いることによりブラッククロスが消去され、実質的開口率が上昇することが分かった。但し、 d/p 値が大きい条件のときには、 T_{max} を低下させてしまう現象があることが分かった。この現象については別のシミュレーション検査によっても同様な結果が得られている。

【0059】以上の結果から、円偏光板を液晶層内でねじれないアモルファス配向(ASMを含む)やブラッククロスが発生するスリット配向(斜め電界による配向)、ランダム配向SHなどの液晶セルに適用すると、実質的な開口率が著しく向上し、良好な電気光学特性が得られることがわかった。特に垂直配向モードには有効であり、配向処理なしで高実効開口率が得られることが分かった。但し、垂直配向におけるカイラル剤の添加は必ずしも特性向上にはつながらない。また、 d/p 値は0.25以下での使用が望ましい。

【0060】次に、さらに本発明の別の実施例について図23を参照して説明する。これまでに説明してきた実施例では、液晶セルの前後に直線偏光板と1/4波長板とを組み合わせた構成の円偏光板を配置したが、図23に示した実施例においては、表示側には前述の実施例と同様な円偏光板80を配置し、それと反対側のバックライト光源側に、円偏光板の代わりに円偏光板と同様な作用を持ったコレステリックフィルム90を配置した。この実施例でも両側に円偏光板を使用した場合と同様な効果が得られた。

【0061】なお、コレステリックフィルム90の作成方法としては、Philips Research L

(10)

17

laboratoriesのD. J. Broer著による論文「Molecular Architectures in Thin Films by In-Situ Photopolymerization of Reactive Liquid Crystals」, SID 95 Digest・165に記載された方法を利用して得ることができる。また、コレステリックフィルムをバックライトパネルに形成する方法として、同じくPhilips Research LaboratoriesのD. J. Broer他著による論文「Reflective Cholesteric Polariser Improving the Light Yield of Back-and Side-Lighted Flat Liquid Crystal Displays」, ASIA Display '95に開示されているものを利用することができる。

【0062】本発明が適用可能な、液晶表示装置の形式としては、液晶の方位角方向がランダムあるいは連続的な変化をするマルチドメイン構造のもの、透過型、反射型、水平あるいは垂直配向ECB型、アモルファスTN型、軸対称配向LCD、ASM-LCD、スリットを設けた電極による不均一電界で駆動されるLCD、TFT-LCD等ほとんどすべての形式の液晶表示装置がその対象となる。たとえば、a-ECBモード、a-TNモード、a-HANモード、スリット配向SHモード、a-SHモード及び一軸SHモードの液晶セルが適用される。

【0063】次に、以上説明した本発明の実施例において使用される円偏光板として、直線偏光板と1/4波長板との組み合わせを用いる場合に、1/4波長板にPC（ポリカーボネート）やPES（ポリエーテルサルファイド）等を延伸して作成したフィルムを積層したものを使用する実施例について、以下に説明する。

【0064】フィルムを2枚貼り合わせたものは、「2枚貼り」タイプの円偏光板であり、その円偏光板の構成としては、直線偏光フィルムに上記材料の1/2波長フィルムと1/4波長フィルムとを重ねてラミネートしたものがある。この場合、1/2波長フィルムと1/4波長フィルムの組み合わせは、理想的な1/4波長板特性に近似した波長分散性を示すように構成される。なお、直線偏光フィルムに1/4波長フィルム1枚を直線偏光フィルムの透過軸方向と1/4波長フィルムの遅相軸方向とが45°となるように配置して貼り合わせた「1枚貼り」タイプの円偏光板もある。これは通常は反射防止の目的で使用するが、タッチスイッチ等で使用される。

【0065】「2枚貼り」タイプの円偏光板用の1/4波長フィルムと、「一枚貼り」タイプのフィルムとを実際に用意して1/4波長板としての性能評価実験を行った結果を図24に示す。図24のグラフは横軸が波長で

18

縦軸がリタデーション値を示す。実験サンプルとしてはPC製2枚貼りフィルムと、PC製1枚貼りフィルムと、PES製1枚貼り2種類（1/4波長がCX-137.5nmとCX-150nmと異なる）とを用意し、光弾性変調素子を用いた測定システムで、波長632.8nmと543.5nmとで測定した。そして測定値をコーシーの波長分散式に従ったモデル式を用いて実測プロット点上にカーブフィッティングした結果が図24のグラフである。

【0066】図24において、太い実線の直線が理想的な1/4波長板の特性である。これに対して細かい点線の黒い四角をプロットしたカーブがPC2枚貼りタイプの1/4波長フィルムの特性で、その他の1枚貼りタイプの特性に比較して最も理想特性に近いことが判る。この実験結果から、理想的な1/4波長板を得るためには、波長分散性の小さいPESフィルムでも2枚貼り構成にすることが必要と判る。

【0067】さらに、別の実験において、ノーマリブラック表示型として、1/4波長フィルムを作成して分光スペクトル特性を測定した。この実験では、右回り円偏光板となるように直線偏光板とPC1枚貼りタイプの1/4波長フィルムを組み合わせたものと、左回り円偏光板となるように直線偏光板とPC1枚貼りタイプの1/4波長フィルムを組み合わせたものとを互いに遅相軸方向が平行するような配置で、0.3mm厚のガラス基板に平行に貼り合わせたサンプル（パラレル配置サンプル）と、右回り円偏光板となるように直線偏光板とPC1枚貼りタイプの1/4波長フィルムを組み合わせたものと、左回り円偏光板となるように直線偏光板とPC1枚貼りタイプの1/4波長フィルムを組み合わせたものとを互いに遅相軸方向が直交するような配置で、0.3mm厚のガラス基板に平行に貼り合わせたサンプル（クロス配置サンプル）とを用意し、各サンプルの分光スペクトルを島津製作所製UV-3100分光器を使用して測定した。測定波長は可視領域（380～780nm）である。図25は、その実験結果のグラフを示す。

【0068】図25の測定結果から、実線のカーブ上にプロットされるパラレル配置の円偏光板では、図24のリタデーション特性からも予想されるように、特定の狭い波長領域でのみ黒レベルが良好となっている。その波長領域以外では1/4波長からずれているために、大きく光漏れが生じる。これに対して、点線のクロス配置の円偏光板では、広範囲の波長領域において良好な黒レベルが得られることが判る。

【0069】さらに別の実験において、上記クロス配置の円偏光板として、直線偏光板に組み合わせるフィルムをPC1枚貼りと、PC2枚貼りと、PES1枚貼り2種類（1/4波長が異なる）の各タイプと、比較のための2枚の直線偏光板を偏光軸がクロス配置としたものとを用意して分光スペクトル特性を測定し、その結果を図

(11)

19

26に示す。そしてそれらサンプルの透過光の輝度値(Y%)を表1に示す。

【0070】

【表1】

クロス配置時輝度Y

1/4波長フィルム	輝度 Y%
CX-137.5nm	0.03
CX-150nm	0.03
PC1枚	0.06
PC2枚貼り合わせ	0.12
直線偏光板 クロス	0.01

【0071】図26の実験結果から、リタデーション特性では最も理想的1/4波長板に近かったPC2枚貼りタイプの円偏光板の特性(白い四角)が最も透過率と輝度値が高い。それに対して、PC1枚貼りタイプとPES1枚貼りタイプのものは、直線偏光板のクロス配置のものには及ばないものの、相当に良好な黒レベルが得られている。但し、PES1枚貼りタイプのものは若干黒レベル輝度が低い。

【0072】以上の測定結果から、リタデーション測定においてはPC2枚貼りタイプのものが有効と予想されたが、総合的な評価結果では、1枚貼りタイプでも十分な黒レベルが得られる結果となった。この理由は、左回りと右回りの円偏光板のフィルムの遅相軸がクロス配置であり、リタデーションがキャンセルされるためであると考えられる。

【0073】さらに、上記の実験から有効と考えられた、1枚貼りタイプの1/4波長板を使用した左回りと右回りの円偏光板のクロス配置(遅相軸直交)のものを実際の液晶セルに配置した場合どのような効果が得られるかを実験した。比較のために従来の液晶セルに直線偏光板だけの配置のLCDと、左回りと右回りの円偏光板の平行配置(遅相軸平行)のLCDも用意して評価実験を行った。液晶セルは4分割垂直配向ドットマトリックスとした。その結果の顕微鏡写真を図27に示す。

【0074】図27の(a)は、直線偏光板だけの配置のLCDの場合で、偏光板透過軸方向に対して暗くなる領域が発生する良好なマルチドメイン配向が得られている。しかし、各ドメイン間が黒く観察され、実効開口率が低いことが判る。同図(b)は、左回りと右回りの円偏光板の平行配置のLCDであり、(a)の場合のようなドメイン間の黒化は目立たなくなっているが、各ドット間である線間の個所も浮いて見え、コントラストも良くない。また、表示が色付く現象が見られた。同図(c)は、左回りと右回りの円偏光板のクロス配置の場合であり、(a)で見られた暗い領域がほぼ完全に除去され、実効的な開口率が大幅に向上した。本実験のサンプルでは、最大透過率が(c)の場合(a)に比べて約40%向上した。なお、両者ともコントラストは500

20

以上であった。

【0075】以上の結果から、右回りと左回りの1枚貼りタイプ1/4板を用いた円偏光板をセルの両側に配置したノーマリブラック透過型では、円偏光板の1/4波長板の遅相軸の配置は直交すなわちクロス配置の場合が優れていることがわかった。

【0076】なお、実験では、ECBモードの単純マトリックス構造のセルを用いたが、ECBモードであれば、単純マトリックスのみならず、アクティブマトリックス型の液晶セルにも本発明は適用でき同様な効果が得られる。もちろん、ECB以外のモードにも適用できる。また、1/4波長フィルムは、クロス配置の場合でも、2枚貼りタイプよりも1枚貼りタイプの方が優れていることが判った。

【0077】次に、表示装置として重要な要件である視角特性を改善した本発明の実施例について説明する。垂直配向セルにおける視角補償は、一般的には負の一軸性位相差板であるNOCフィルムを液晶相と偏光板との間に挿入することで行われていた。しかし、本発明のように円偏光板を使用する場合であると、円偏光板の1/4波長フィルムが正の一軸フィルムであるために、NOCフィルムと組み合わせて使用すると、両者の特性が相殺されて、視角特性が改善できないという問題。例えば、直線偏光板とNOCフィルムとの組み合わせに比べて視角によって表示反転しない領域が狭くなるという問題がある。

【0078】垂直配向セルと円偏光板にNOCフィルムを組み合わせた透過型の液晶表示装置の模式図を図28に示す。110は、液晶層であり、図示しない一対の透明基板で液晶111を含む液晶層110が挟持されている。液晶層110の両外側には、直線偏光板121と1/4波長板122とで構成される円偏光板120と、直線偏光板131と1/4波長板132とで構成されているもう一方の円偏光板130とが配置されている。直線偏光板121の透過軸の方向(矢印)と1/4波長板122の遅相軸の方向(矢印)とが45°になるように配置されている。さらに、直線偏光板121と1/4波長板122との間にNOCフィルム123が、直線偏光板131と1/4波長板132との間にNOCフィルム133がそれぞれ配置されている。

【0079】従来の円偏光板を使用しない直線偏光板と垂直配向セルとにNOCフィルムを組み合わせる場合は、図28の構成から1/4波長板122と、1/4波長板132と、NOCフィルム133とを取り去った構成となる。

【0080】図28の円偏光板とNOCフィルムとの組み合わせのLCDと、従来の直線偏光板とNOCフィルムとの組み合わせのLCDを作成し、それぞれでデューティ駆動とスタティック駆動を行って視角特性の測定を行った結果を図29と図30に示す。図29は、16.

(12)

21

49 biasで1/240デューティ駆動条件で、
 (a) が従来の直線偏光板+NOCフィルムのLCD、
 (b) が円偏光板+NOCフィルムのLCDの視角特性である。図30は、 T_{max} をON電圧とし、0VをOFF電圧としたスタティック駆動で、(a) が従来の直線偏光板+NOCフィルムのLCD、(b) が円偏光板+NOCフィルムのLCDの視角特性である。この測定実験で使用した直線偏光板(円偏光板として使用するものも含め)は、日東電工製G1220DUNで、NOCフィルムは、従来の直線偏光板に組みあわせるものが住友化学製のVAC-C430で、円偏光板に組み合わせるものと同じくVAC-C160であり、円偏光板に使用する1/4波長板は積水化学製のCX-137.6nmを使用した。

【0081】図29のデューティ駆動においては、

(a) の直線偏光板のものは、NOCフィルムによる視角補償が効果を奏し、視角特性が等方的かつ均一である。しかし、(b) の円偏光板のものは直線偏光板の透過軸方向である45°と135°方向にハッチングで示した表示反転領域が現れている。

【0082】また、図30のスタティック駆動においては、(a) の直線偏光板のものは、直線偏光板の透過軸方向が特に良好な視角特性を示す等方かつ均一な特性であるのに対し、(b) の円偏光板のものは、デューティ駆動と同様な反転領域が現れた。

【0083】この円偏光板と視角補償用のNOCフィルムとの組み合わせで、上記のような問題のないLCDを得るために、LCD MASTERシミュレータによるシミュレーションを行って液晶セルに貼り合わせるフィルムの最適化条件の検討を行った。シミュレーションのLCDの構成は図28で示したもので、液晶セルは4分割配向で、1/4波長板は理想的波長分散特性を有するものとし、NOCフィルムはVACフィルムのような遅相軸のない理想的な場合を想定した。比較のために、従来の直線偏光板によるLCDとNOCフィルムとの組み合わせの場合についてもシミュレーションを行った。

【0084】図31は従来の直線偏光板の場合で、

(a) は、そのシミュレーションの等コントラスト特性で、同図(b) は黒レベル等ルミナンス(輝度)特性である。図32は、円偏光板とNOCフィルムとの組み合わせで、(a) は、そのシミュレーションの等コントラスト特性で、同図(b) は黒レベル等ルミナンス特性である。

【0085】図31と図32で、等コントラスト特性のグラフでは、暗く描いた領域ほどコントラストが低く明るいところはコントラストが高い領域であることを表示している。また、黒レベル等ルミナンス特性のグラフは暗く描いた領域ほど輝度が低く明るいところほど輝度が高い領域であることを表示している。

【0086】コントラストと輝度の両特性ともに、NO

22

Cフィルムリタデーションを最適化し、直線偏光板のLCDはVAC-C430と同等なフィルムの場合が最適であった。一方、円偏光板LCDにおいては、セルの両面にVAC-C430を貼り合わせることで、反転領域(黒の領域)が一番外側にシフトした。この原因は、等ルミナンス特性を見れば判るように、視角を振った場合にはほぼ全方位において、光抜けが激しいことが考えられる。これは正の一軸フィルムである1/4波長板と負の一軸フィルムであるNOCフィルムが組み合わせると互いの特性をキャンセルするような効果があるためと考えられる。すなわち、1/4波長板の厚さ方向のリタデーションがNOCフィルムの視角補償能力を劣化させる働きをしていると考えられる。

【0087】そこで、1/4波長板自体にNOCフィルムの作用を付加する「2軸フィルム」、すなわち、フィルム内の屈折率の大小関係が $N_x > N_y > N_z$ (但し、 N_x は図31の90°—270°方向、 N_y は同図180°—0°方向、 N_z は紙面に垂直な方向の屈折率を示す。)になるようなものであれば、改善ができるのではないかと考察した。

【0088】図33にシミュレーションにより最適化した2軸フィルムを1/4波長板として用いた場合の視角特性を示す。同図で(a) は、そのシミュレーションの等コントラスト特性で、同図(b) は黒レベル等ルミナンス特性である。図28の1/4波長板122をx方向(遅相軸方向)に延伸し、1/4波長板132をy方向(遅相軸方向)に延伸したものである。 $N_x > N_y > N_z$ の例としては、 $N_x = 1.5017$ 、 $N_y = 1.50105$ 、 $N_z = 1.49782$ 。(フィルム厚み $\mu m = 211.6$)の2軸フィルムである。

【0089】図33の(a)の等コントラスト特性からみて、表示反転領域を完全に除去することができた。特に、1/4波長板の遅相軸方向に対して視角が広い。これは丁度図29、30の表示反転領域を無くした状態に相当する。この改善理由は、同図(b)の黒レベル等ルミナンス特性を見ればわかるように、特に1/4波長板の遅相軸方向の光抜けが抑制されたためと考えられる。しかし、直線偏光板のLCDの場合のような偏光板透過軸に対する視角の改善は見られないために、セルサイズがある程度大きい場合には、感覚的には視角が狭いように感じられるかもしれない。

【0090】そこで、直線偏光板の透過軸方向に対しても視角が広くなるような条件をシミュレーションで検討してみた。その結果、VACフィルム2枚貼り条件で図34に示したような特性が得られた。同図で(a) は、そのシミュレーションの等コントラスト特性で、同図(b) は黒レベル等ルミナンス特性である。この特性では、1/4波長板の遅相軸方向では表示反転が現れるが、黒レベルの光抜け状態は、図32の単なる一軸フィルムの場合よりもむしろ良好である。

(13)

23

【0091】さらに、シミュレーションにより、直線偏光板透過軸方向に良好な視角が得られる条件を検索し、表示反転が無い条件を探したが、黒レベルの光抜け抑制を重視すると図34のシミュレーションでの条件が最適であった。

【0092】以上、実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせが可能なことは当業者に自明であろう。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように、液晶分子が、基板に平行な方位角方向で、ランダムな方向に配列するか、または基板に平行な面内で連続的に変化している液晶配列状態を持つ液晶表示装置において、円偏光板を偏光子及び検光子として使用することによって、液晶分子が一樣方向配向の単結晶的配列の液晶表示装置と同様な実効開口率を有し、視角依存性を低下し、しかも表示品質を高めることができる。

【0094】電界が画素内で不均一な液晶セルに適用すれば、その場合でも液晶分子の方位角方向異常配向状態を不可視化して、かつその領域を有効画素化して実効的な開口率を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例による透過型液晶表示装置の液晶層と円偏光板の配置関係を示した模式図である。

【図2】 本発明の他の実施例による反射型液晶表示装置の液晶層と円偏光板の配置関係を示した模式図である。

【図3】 本発明の別の実施例による反射型液晶表示装置の液晶層と円偏光板の配置関係を示した模式図である。

【図4】 本発明のさらに別の実施例による透過型液晶表示装置の液晶層と円偏光板の別の配置関係を示した模式図である。

【図5】 従来の直線偏光板を使用したスリット電極を有する液晶セルの顕微鏡写真である。

【図6】 本発明の円偏光板を使用したスリット電極を有する液晶セルの顕微鏡写真である。

【図7】 本発明の実施例による液晶セルのツイスト角の違いによる光透過率特性の変化をシミュレーション検討した結果を示すグラフである。

【図8】 本発明の実施例による液晶セルの光透過率特性の変化をシミュレーション検討した結果を示すグラフである。

【図9】 a-ECBモード液晶セルの顕微鏡写真である。

【図10】 a-HANモード液晶セルの顕微鏡写真である。

【図11】 a-TNモード液晶セルの顕微鏡写真である。

24

【図12】 スリット配向SHモード液晶セルとランダム配向SHモード液晶セルの顕微鏡写真である。

【図13】 SHモード液晶セルの顕微鏡写真である。

【図14】 スリット配向SHモード液晶セルとランダム配向SHモード液晶セルの顕微鏡写真である。

【図15】 SHモード液晶セルの顕微鏡写真である。

【図16】 スリット配向SHモード液晶セルとランダム配向SHモード液晶セルとSHモード液晶セルの顕微鏡写真である。

10 【図17】 一軸ECBモード液晶セルの電圧対光透過率特性を示すグラフである。

【図18】 一軸HANモード液晶セルの電圧対光透過率特性を示すグラフである。

【図19】 a-TNモード液晶セルの電圧対光透過率特性を示すグラフである。

【図20】 スリット配向SHモード液晶セルの電圧対光透過率特性を示すグラフである。

【図21】 ランダム配向SHモード液晶セルの電圧対光透過率特性を示すグラフである。

20 【図22】 垂直配向SHモード液晶セルの電圧対光透過率特性を示すグラフである。

【図23】 本発明による透過型液晶表示装置のさらに別の実施例の構成を示した模式図である。

【図24】 円偏光板用の1/4波長フィルムとして「2枚貼り」タイプのものと、「一枚貼り」タイプのものの性能評価実験結果のグラフである。

【図25】 円偏光板の1/4波長板のパラレル配置のものとクロス配置のものの特性比較グラフである。

30 【図26】 円偏光板の1/4波長板のクロス配置のものと1枚貼りと2枚貼りタイプの特性比較グラフである。

【図27】 従来の液晶セルに直線偏光板だけの配置と、パラレル配置の円偏光板と、クロス配置円偏光板とのそれぞれの配置のLCDの評価実験結果である。

【図28】 垂直配向セルと円偏光板にNOCフィルムを組み合わせた透過型の液晶表示装置の一例の模式図である。

40 【図29】 従来の直線偏光板とNOCフィルムとの組み合わせのLCDと、円偏光板とNOCフィルムとの組み合わせのLCDとでデューティ駆動を行って視角特性の測定した結果である。

【図30】 従来の直線偏光板とNOCフィルムとの組み合わせのLCDと、円偏光板とNOCフィルムとの組み合わせのLCDとでスタティック駆動を行って視角特性の測定をした結果である。

【図31】 従来の直線偏光板によるLCDとNOCフィルムとの組み合わせの場合のシミュレーショングラフである。

50 【図32】 円偏光板によるLCDとNOCフィルムとの組み合わせの場合のシミュレーショングラフである。

(14)

25

【図33】 シミュレーションにより最適化した2軸フィルムを1/4波長板として用いた場合の視角特性である。

【図34】 2軸フィルム2枚貼り条件でシミュレーションした視角特性である。

【図35】 従来の直線偏光板を用いた透過型液晶表示装置遅の液晶層と偏光板の配置関係を示した模式図である。

【符号の説明】

10、110 液晶層

11、111 液晶分子

20、30、50、60、70、80、120、130

円偏光板

21、31、51、61、71、81、121、131

直線偏光板

22、32、52、62、72、82、122、132

1/4波長板

40 反射板

60 電極

61 スリット

90 コレステリックフィルム

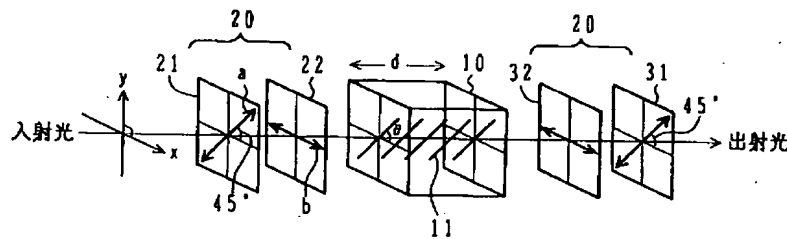
100 コモン電極

101 スリット開口部

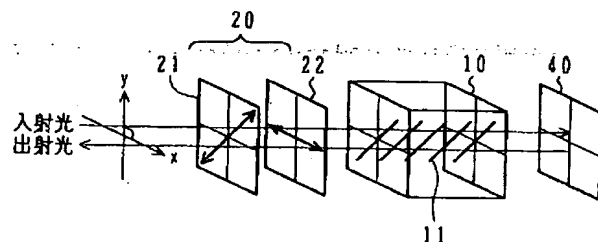
123、133 NOCフィルム

【図1】

本発明の実施例



【図2】



【図5】

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_{in} \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \dots (5)$$

26

【図3】

$$I = E_{out} E_{out}^* = \sin^2 \delta \quad \dots (3)$$

【図6】

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_{in} \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \dots (6)$$

【図4】

$$E_{out} = \begin{bmatrix} E_{xout} \\ E_{yout} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{i\delta} \cos^2 \theta + \sin^2 \theta \\ \sin \theta \cos \theta (e^{i\delta} - 1) \end{bmatrix}$$

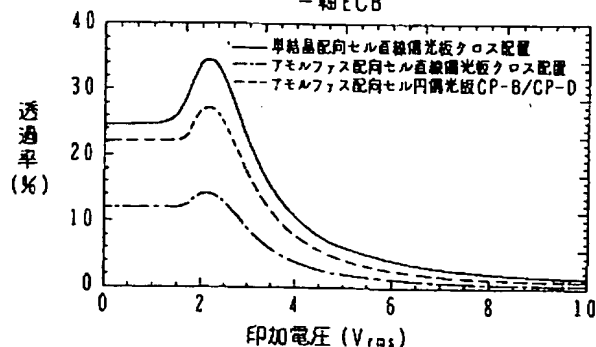
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{xin} \\ E_{yin} \end{bmatrix}$$

$$E_{out} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ i E_{xin} (e^{i\delta} + 1) \end{bmatrix}$$

【図17】

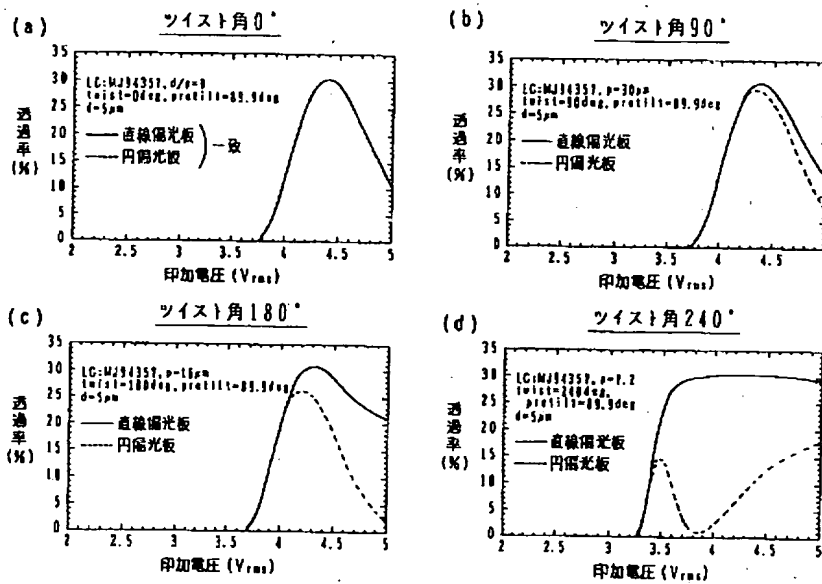
実験例(1)

-軸ECB



(15)

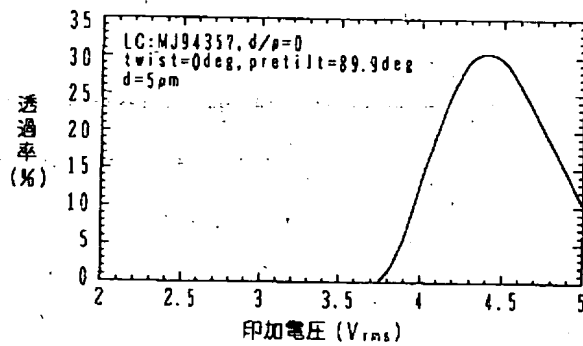
【図7】



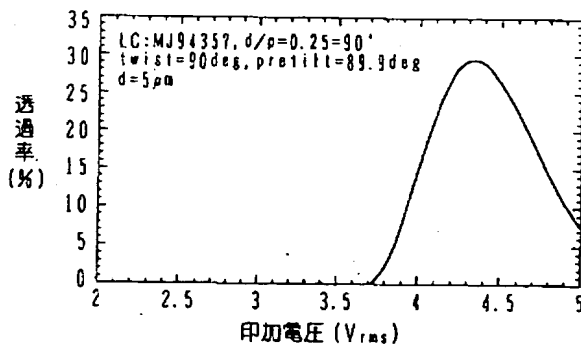
【図8】

【図16】

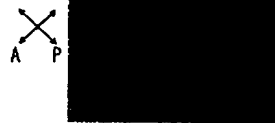
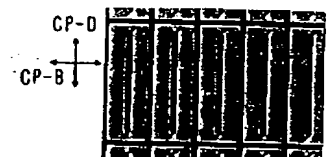
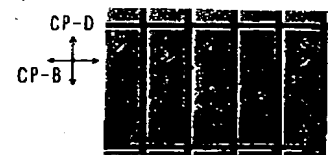
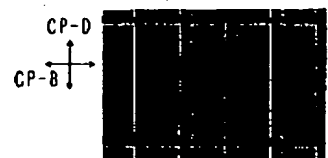
(a)



(b)



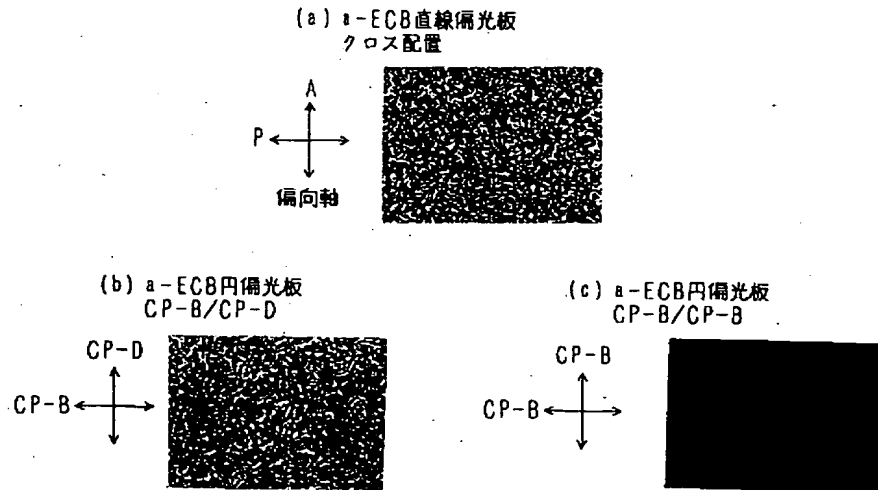
実験例(4)、(5)、(6)

(a) SLIT SH 直線偏光板
クロス配置(b) SLIT SH 円偏光板
CP-B/CP-D(c) ランダム SH 直線偏光板
クロス配置(d) ランダム SH 円偏光板
CP-B/CP-D(e) 89.5°SH 直線偏光板
クロス配置(f) 89.5°SH 円偏光板
CP-B/CP-D

(16)

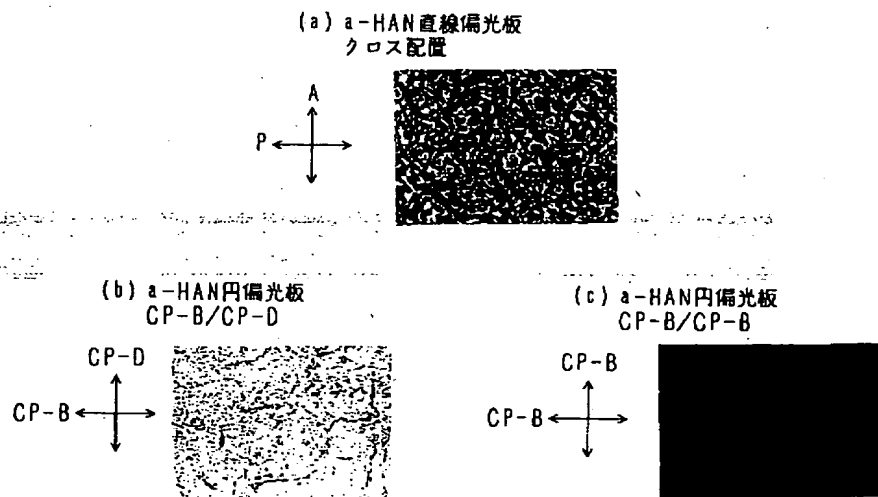
【図9】

実験例(1)

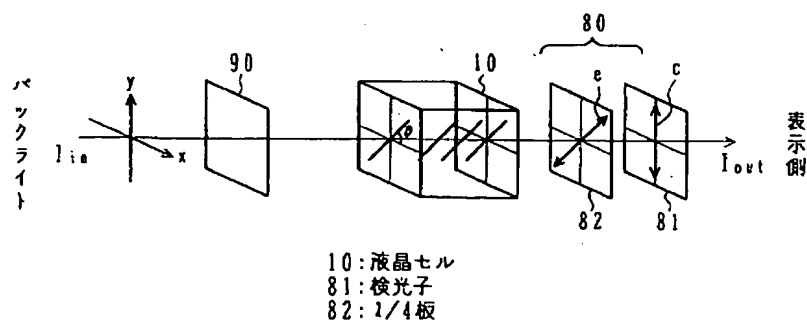


【図10】

実験例(3)



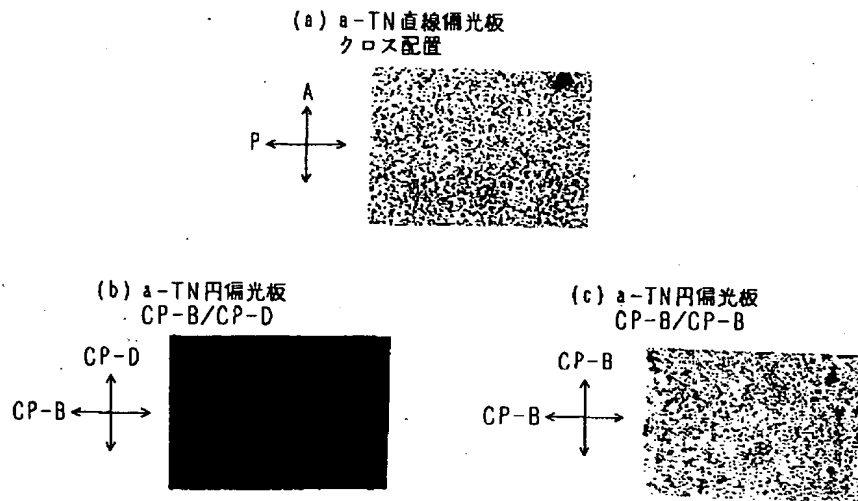
【図23】



(17)

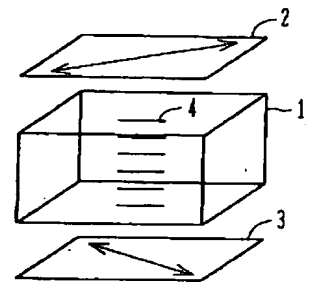
【図11】

実験例(2)



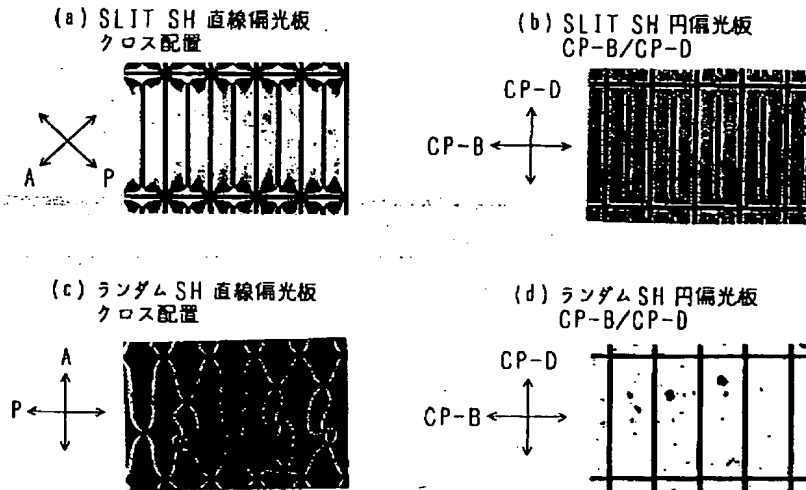
【図35】

従来の技術

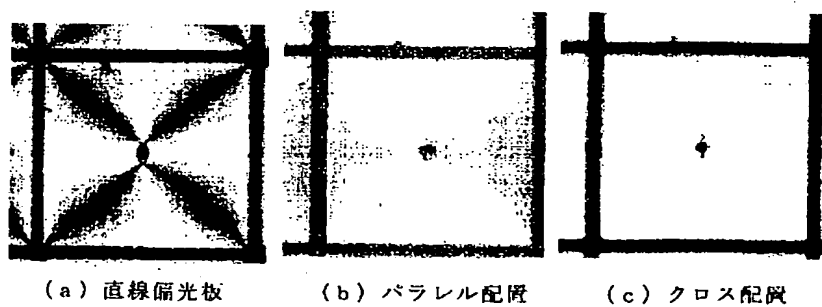


【図12】

実験例(4)、(5)



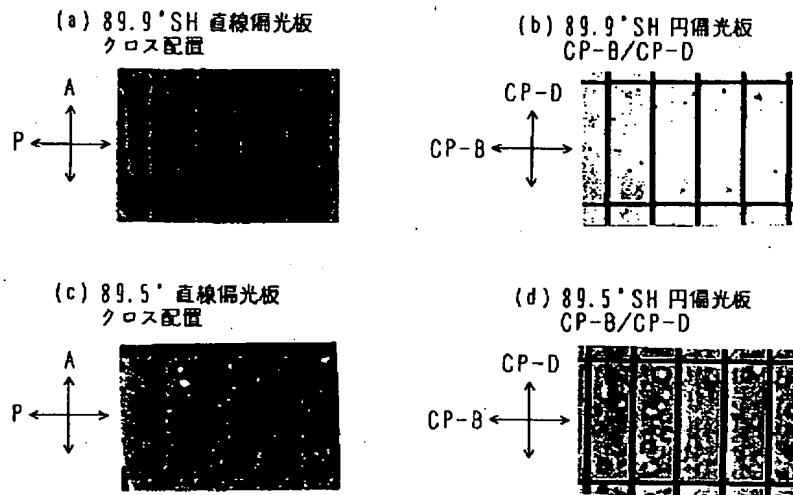
【図27】



(18)

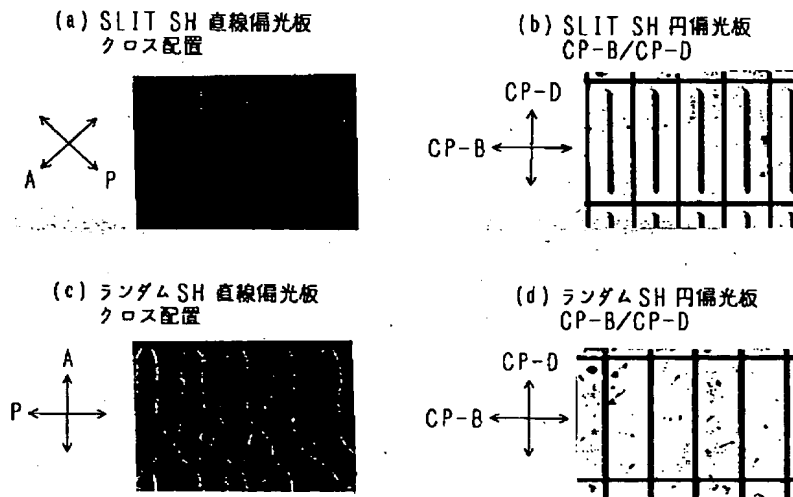
【図13】

実験例(6)

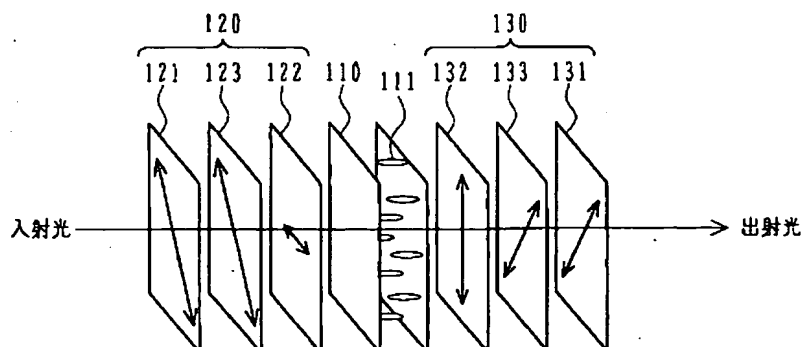


【図14】

実験例(4)、(5)



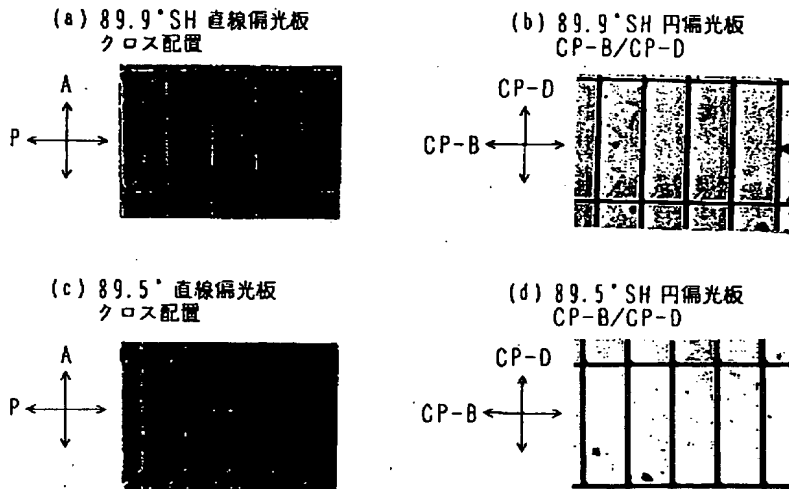
【図28】



(19)

【図15】

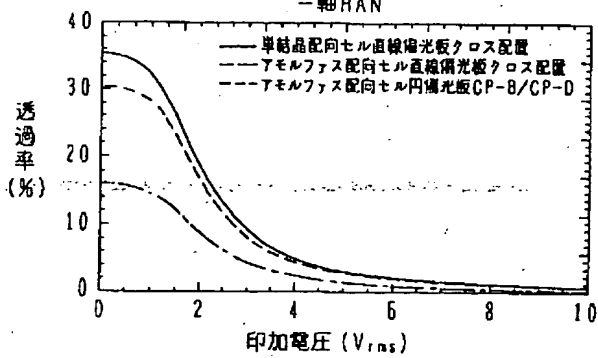
実験例(6)



【図18】

実験例(3)

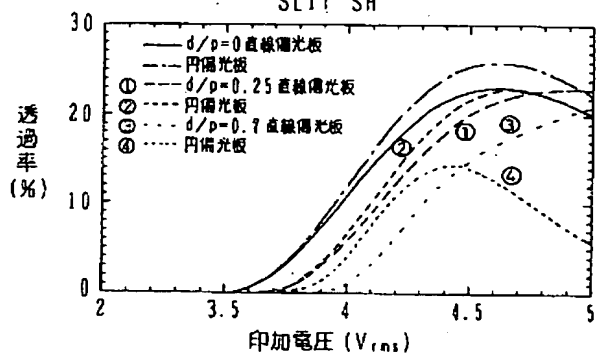
一軸HAN



【図20】

実験例(4)

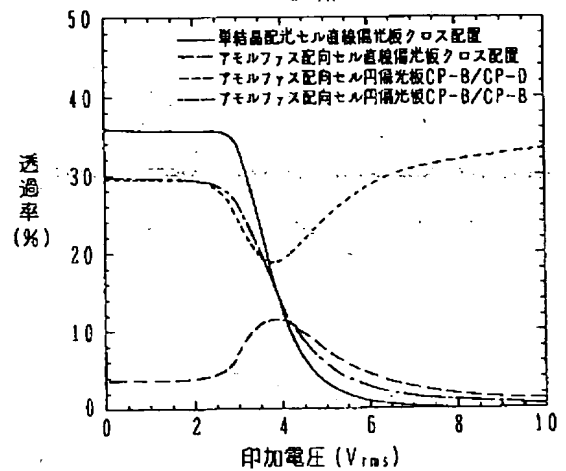
SLIT SH



【図19】

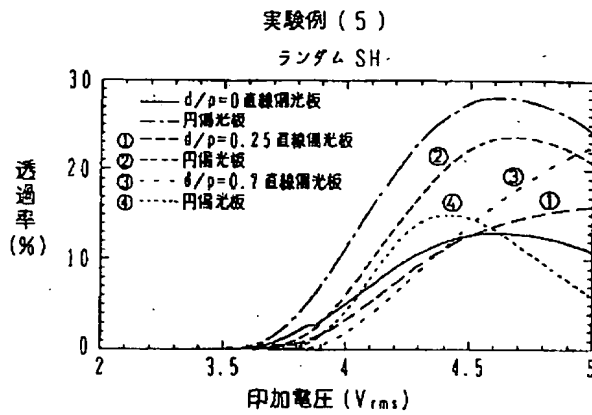
実験例(2)

a-TN

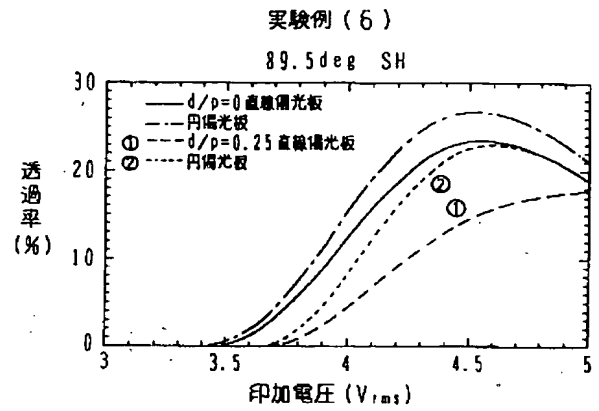


(20)

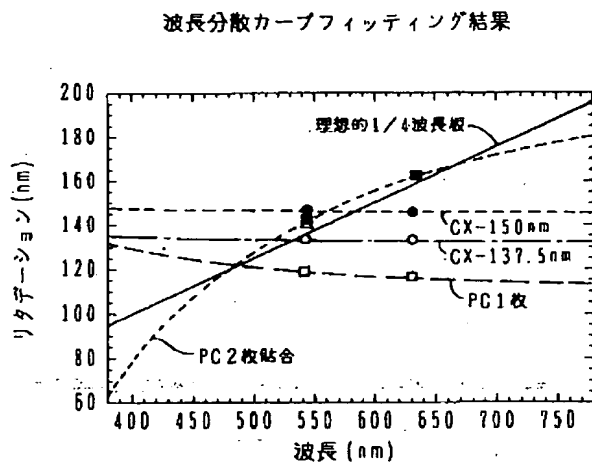
【図21】



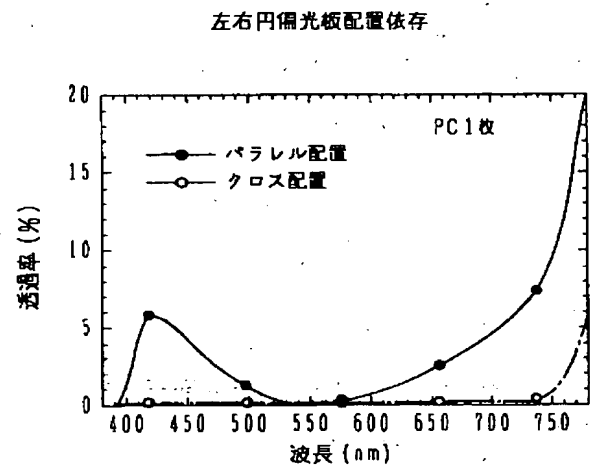
【図22】



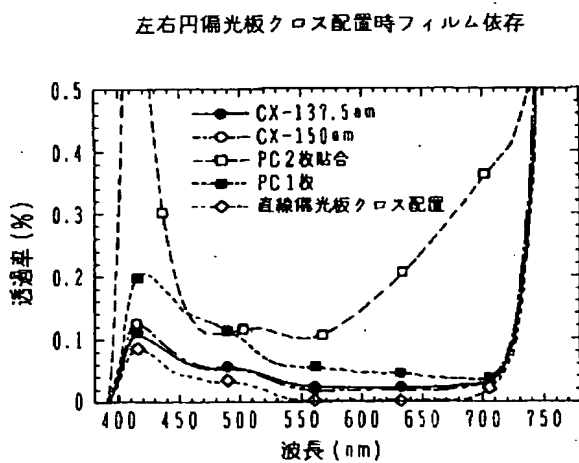
【図24】



【図25】



【図26】

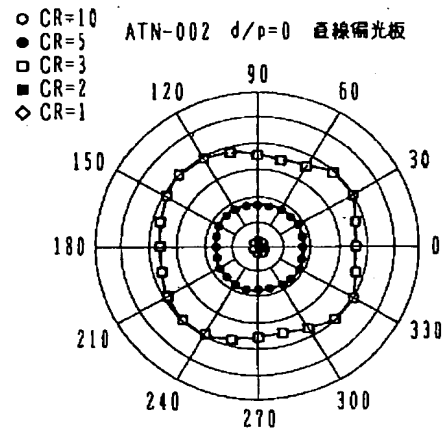


(21)

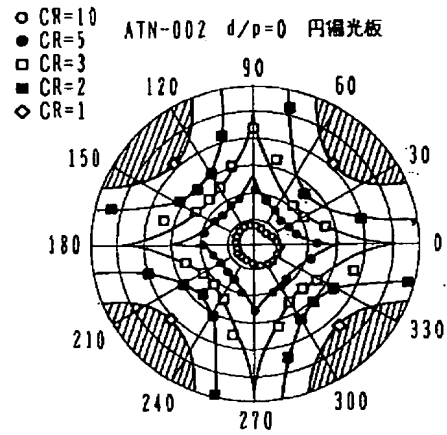
【図29】

デューティ駆動時視角特性

(a) 直線偏光板LCD



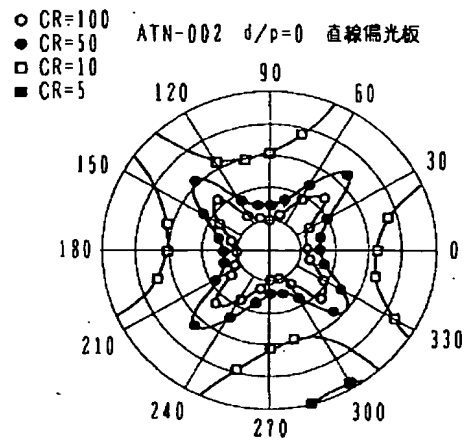
(b) 円偏光板LCD



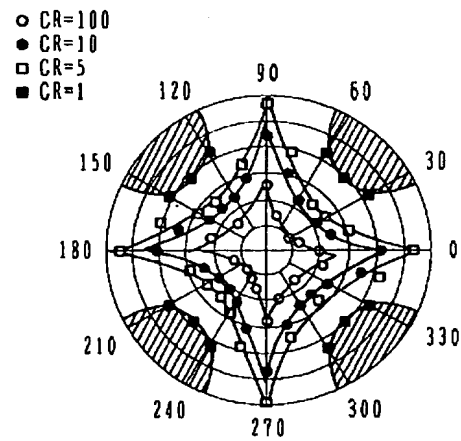
【図30】

スタティック駆動時視角特性

(a) 直線偏光板LCD



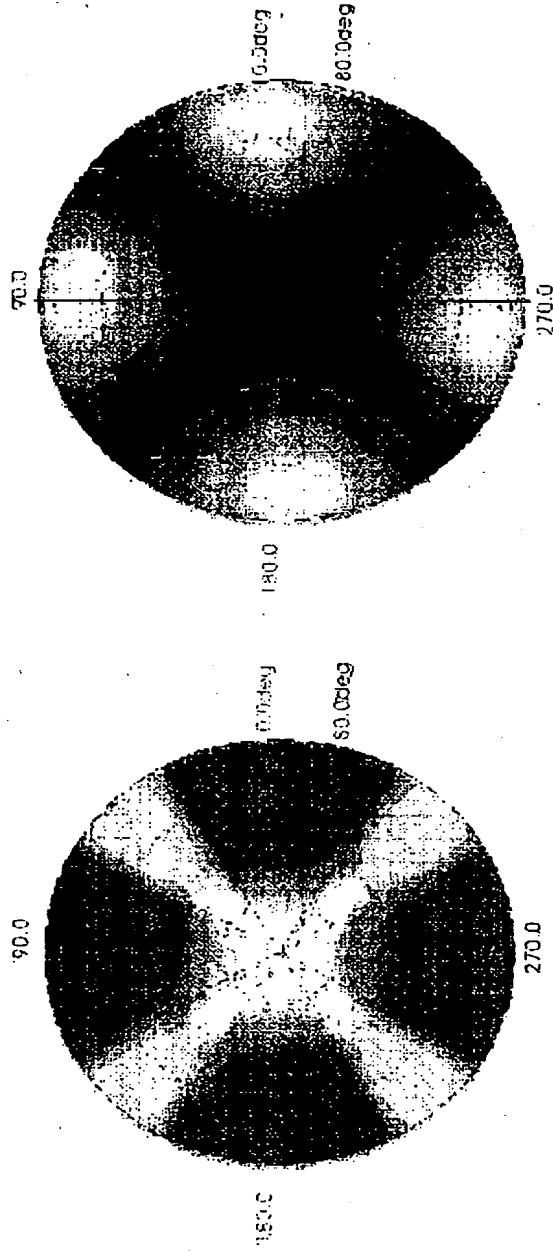
(b) 円偏光板LCD



(22)

【図31】

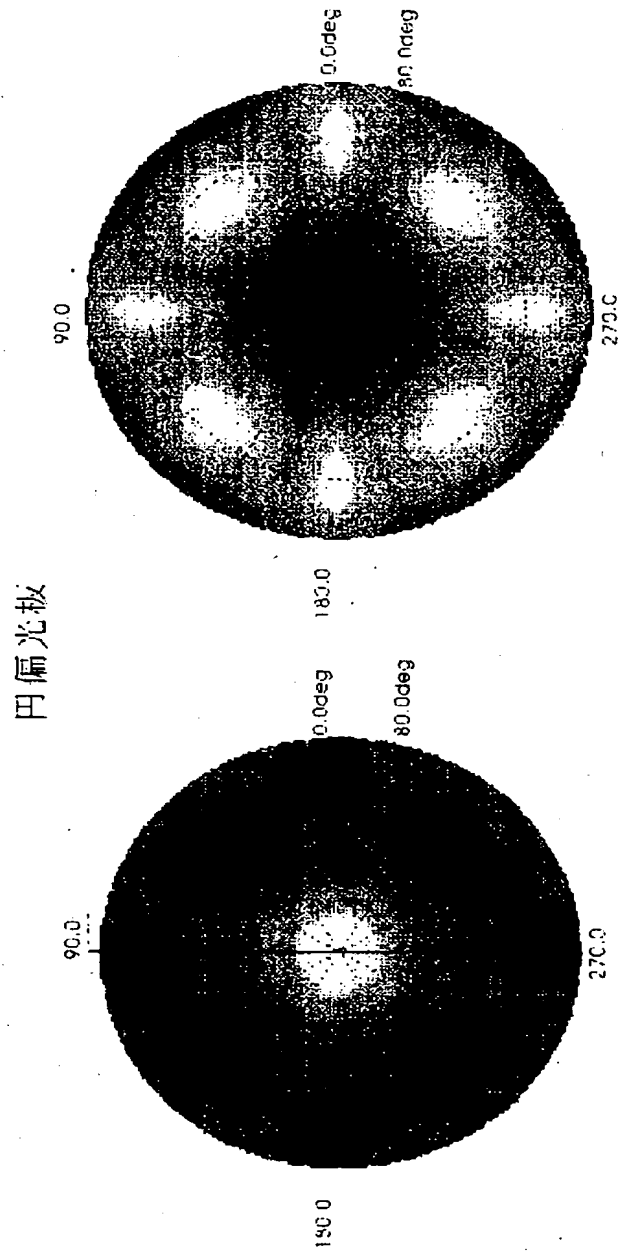
直線偏光板



(a) 等コントラスト (b) 黒レベル等ルミナンス

(23)

【図32】

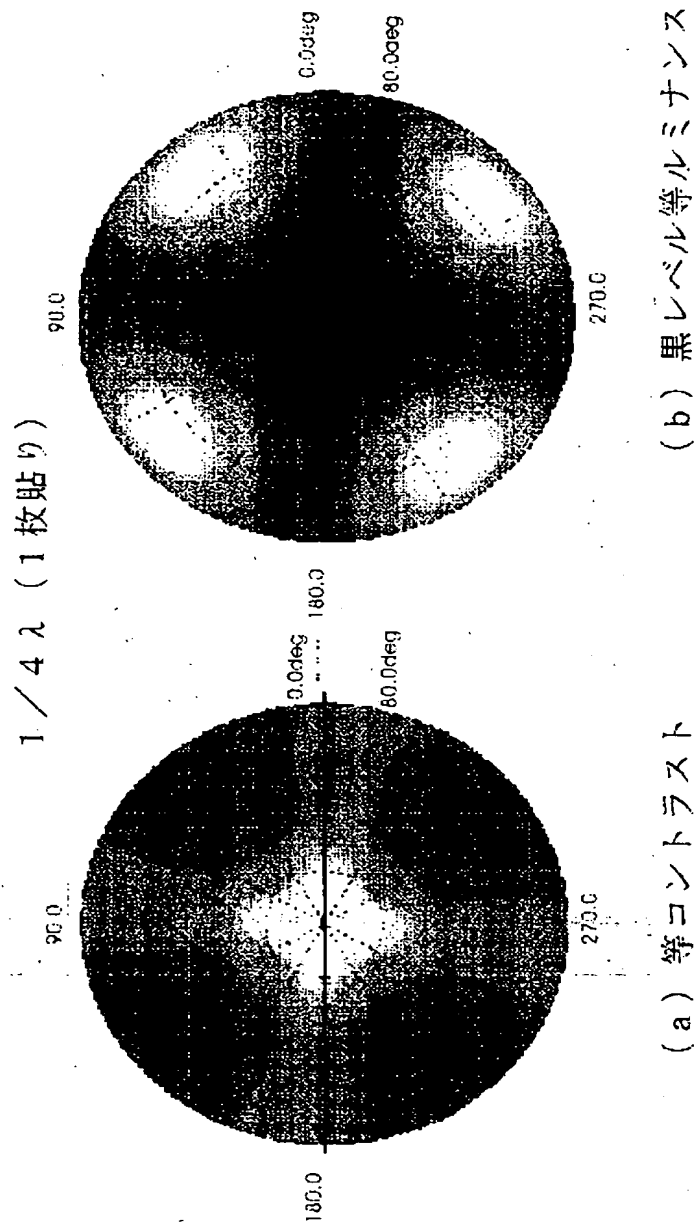


(b) 黒レベル等ルミナンス

(a) 等コントラスト

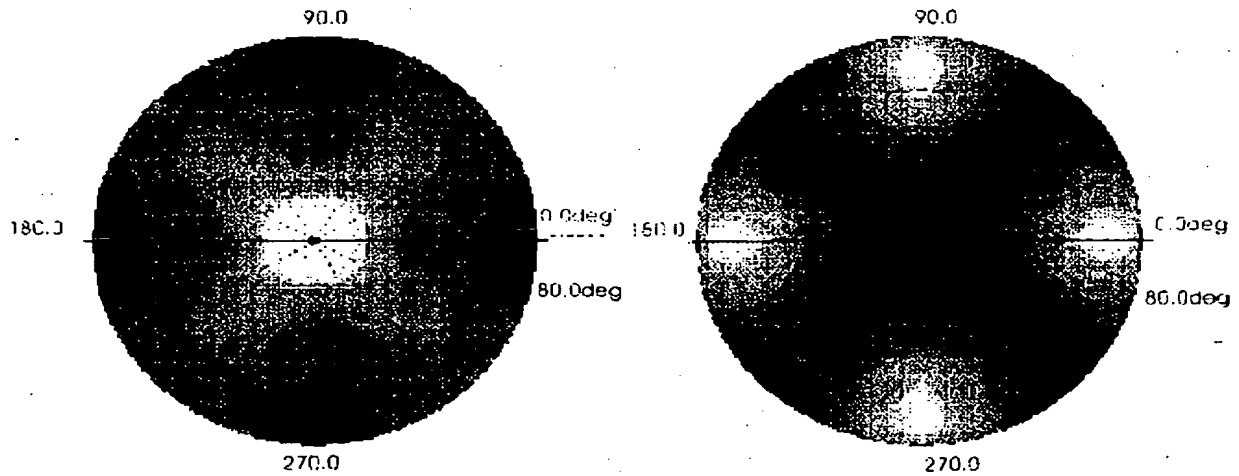
(24)

【図33】



(25)

【図34】

 $\lambda/8 + \lambda/8$ (2枚貼り)

(a) 等コントラスト

(b) 黒レベル等ルミナンス

フロントページの続き

(72)発明者 飯村 靖文
 神奈川県横浜市青葉区荏田西1-3-1
 スタンレー電気株式会社技術研究所内

Fターム(参考) 2H088 EA02 HA16 HA17 HA18 HA21
 JA05 JA09 JA12 KA07 KA11
 KA17 KA18 LA01 LA04 LA09
 MA06 MA07
 2H091 FA08X FA08Z FA11X FA11Z
 FA14Y FC07 FD08 FD09
 FD10 GA06 HA07 HA09 KA02
 KA03 LA16 LA19

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成14年4月26日(2002.4.26)

【公開番号】特開2002-40428(P2002-40428A)

【公開日】平成14年2月6日(2002.2.6)

【年通号数】公開特許公報14-405

【出願番号】特願2000-273321(P2000-273321)

【国際特許分類第7版】

G02F 1/13363

1/1335 510

1/139

【F1】

G02F 1/13363

1/1335 510

1/137 505

【手続補正書】

【提出日】平成14年1月15日(2002.1.15)

【補正対象項目名】図3

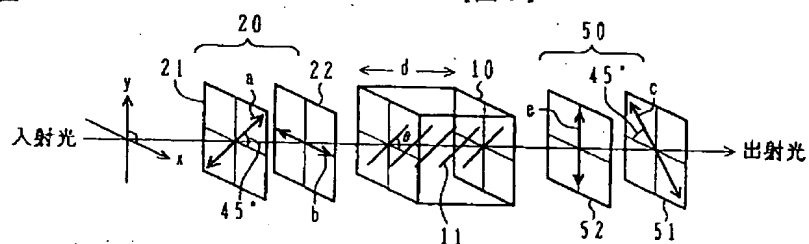
【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面



【手続補正2】

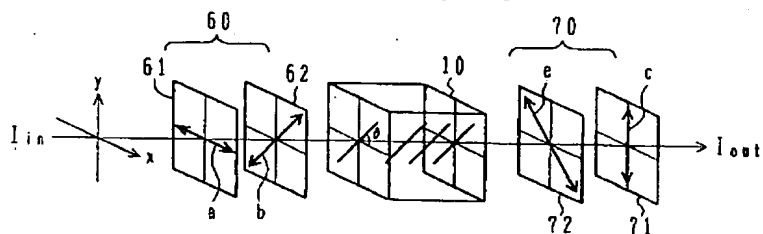
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



10:液晶セル

61:偏光子

62:λ/4板

71:検光子

72:λ/4板

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

[Claim(s)]

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the liquid crystal display which had the condition of being the liquid crystal display which pinched the liquid crystal layer with the substrate with which a pair counters, the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer having been the direction of an azimuth parallel to said substrate, and having arranged said liquid crystal layer in the random direction, or changing continuously in a field parallel to said substrate, and arranges the circular polarization of light plate on each outside of the substrate of said pair.

[Claim 2] Said circular polarization of light plate is a liquid crystal display according to claim 1 with which it is constituted combining a linearly polarized light plate and a quarter-wave length plate, and the include angle of the transparency shaft orientation of said linearly polarized light plate and the direction of orientation of the liquid crystal molecule of the substrate interface of said liquid crystal layer to make is 45 degrees.

[Claim 3] Said circular polarization of light plate is a liquid crystal display claim 1 arranged so that it may be constituted combining a linearly polarized light plate and a quarter-wave length plate and the transparency shaft orientation of said linearly polarized light plate and the direction of the lagging axis of said quarter-wave length plate may become 45 degrees, or given in two.

[Claim 4] The liquid crystal display according to claim 3 arranged so that the direction of the lagging axis of said quarter-wave length plate arranged on both the outsides of the substrate of said pair is parallel or may intersect perpendicularly mutually.

[Claim 5] It is the liquid crystal display which is a liquid crystal display which pinched the liquid crystal layer with the substrate with which a pair counters, said liquid crystal layer has the condition the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer is the direction of an azimuth parallel to said substrate, and arranges in the random direction, or are changing continuously in a field parallel to said substrate, arranges a circular polarization of light plate on one outside of the substrate of said pair, adjoins the substrate side of another side, and has a light-reflex plate.

[Claim 6] Said circular polarization of light plate is a liquid crystal display according to claim 5 arranged so that it may be constituted combining a linearly polarized light plate and a quarter-wave length plate and the transparency shaft orientation of said linearly polarized light plate and the direction of the lagging axis of said quarter-wave length plate may become the relation which is 45 degrees.

[Claim 7] The liquid crystal display according to claim 6 whose direction of the lagging axis of said 1 / 4 location wavelength plate is the direction of arbitration.

[Claim 8] The electric field which have the electrode which furthermore impresses an electrical potential difference to said liquid crystal layer, and are formed in said liquid crystal layer with said electrode are liquid crystal displays claim 1 which is not uniform in the direction of [between the substrates of said pair], or a field parallel to said substrate, or given in five.

[Claim 9] The liquid crystal display according to claim 2 set up so that thickness d of the direction between said substrates of said liquid crystal layer and the chiral pitch p of this thickness direction may be set to $d/p \leq 0.25$.

[Claim 10] The substrate used as the screen of the substrates of said pair is a liquid crystal display according to claim 1 with which said circular polarization of light plate arranged on the outside of the substrate of the opposite side consists of cholesteric films.

[Claim 11] A liquid crystal display claim 1 said whose solution layer layer is an amorphous orientation ECB mode liquid crystal cell, 2, or given in five.

[Claim 12] A liquid crystal display claim 1 said whose liquid crystal layer is an amorphous orientation HAN mode liquid crystal cell, 2, or given in five.

[Claim 13] A liquid crystal display claim 1 said whose liquid crystal layer is a twist orientation liquid crystal cell, 2, or given in five.

[Claim 14] A liquid crystal display claim 1 which is the perpendicular orientation liquid crystal cell in

which said liquid crystal layer carries out orientation by the electric field by the electrode which has slit opening, 2, or given in five.

[Claim 15] Each of said circular polarization of light plate arranged on each outside of the substrate of said pair is a liquid crystal display according to claim 1 arranged so that it may be constituted combining a linearly polarized light plate and a quarter-wave length plate and the direction of the lagging axis of said quarter-wave length plate of one of said circular polarization of light plate and the direction of the lagging axis of said quarter-wave length plate of said circular polarization of light plate of another side may intersect perpendicularly mutually.

[Claim 16] The transparency shaft orientation of the linearly polarized light plate of one side of said circular polarization of light plate and another side arranged on each outside of the substrate of said pair is a liquid crystal display according to claim 15 arranged so that it may go direct mutually.

[Claim 17] Said quarter-wave length plate is a liquid crystal display according to claim 16 which has smaller wavelength dispersion nature compared with the wavelength dispersion nature of an ideal quarter-wave length plate.

[Claim 18] Said quarter-wave length plate is a liquid crystal display according to claim 17 which consists of a film of one sheet which has the extension shaft which extended the ingredient in the predetermined direction.

[Claim 19] The liquid crystal display of 18 given in any 1 term from claim 15 said whose liquid crystal layer is an ECB mode liquid crystal cell.

[Claim 20] When the refractive index of the direction of an azimuth which intersects perpendicularly mutually in a direction parallel to the front face of said quarter-wave length plate is set to N_x and N_y and the refractive index of the thickness direction is set to N_z Each of said quarter-wave length plate of said circular polarization of light plate arranged on each outside of the substrate of said pair is the film which has the relation of $N_x > N_y > N_z$, and the shaft orientations of N_z of the quarter-wave length film of one circular polarization of light plate and the circular polarization of light plate of another side are the same. The liquid crystal display according to claim 15 with which the direction of N_x crosses.

[Claim 21] The liquid crystal display according to claim 20 with which said quarter-wave length plate consists of a film of at least two sheets which has the relation of $N_x > N_y > N_z$.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] With respect to a liquid crystal display, especially, a liquid crystal molecule is the direction of an azimuth parallel to a substrate, and this invention relates to a liquid crystal display with the liquid crystal array condition of arranging in the random direction or changing continuously in a field parallel to a substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a liquid crystal display, there is a problem that a display condition will also change with own form birefringence of liquid crystal along with it if the observation direction (check-by-looking angle) of the screen changes. This is considered because the liquid crystal molecule in a liquid crystal layer is carrying out the single crystal-array by orientation regulation of a substrate interface.

[0003] The so-called multi-domain method to which the orientation of the liquid crystal molecule is made to carry out in all the directions at random within a pixel is devised as an approach of every lessening this check-by-looking angular dependence, and making it into the same display condition from observation. For example, many things which divide and constitute each of each pixels in two or more sub-picture elements which consist of liquid crystal molecules with two or four different array bearings are proposed. By the multi-domain method, it is thought that it is the most effective as a cure of check-by-looking angular dependence, the amorphous orientation where the sub-picture element (domain) which carries out a liquid crystal array exists in an omnidirection, ASM (Axially Symmetric aligned Micro-cell) orientation, i.e., axial symmetry orientation etc., etc.

[0004] In order the light transmittance of a liquid crystal cell is high and to acquire a good display condition, the relation between the direction of liquid crystal orientation and polarizing plate arrangement needs to fulfill some specific conditions.

[0005] Drawing 35 draws typically the situation at the time of electrical-potential-difference impression of ECB mold (Electrically Controlled Birefringence)-LCD (liquid crystal display). The ECB mold liquid crystal cell 1 which pinched the liquid crystal layer with the transparency substrate (not shown) of the pair which counters is pinched with the linearly polarized light plates 2 and 3 of the direction (arrow head) of a transparency shaft (polarization shaft) which intersects perpendicularly mutually. At the time

of no electrical-potential-difference impressing, 4 is what illustrated typically the direction of a major axis of a liquid crystal molecule, for example, it is standing in the perpendicular direction to the polarizing plate, and it becomes a dark display without being able to pass light with the polarizing plates 2 and 3 which are in orthogonality relation mutually. At the time of electrical-potential-difference impression, the linearly polarized light which arranged the liquid crystal molecule in parallel to the polarizing plate like drawing 35, and passed one polarizing plate changes a liquid crystal cell 1 to elliptically polarized light in response to a birefringence at the time of passage, and the part passes another polarizing plate and it serves as clear display.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] the ECB mold LCD -- setting -- high permeability -- and -- high -- in order to realize a contrast display, considering as 45 degrees usually comes out of the include angle of the transparency shaft (polarization shaft) of polarizing plates 2 and 3, and the direction of orientation of the liquid crystal molecule of a cel substrate interface to make. therefore, the amorphous orientation where random nature has strong bearing and ASM mode of the direction of liquid crystal orientation in 1 pixel -- or in LCD in the perpendicular orientation ECB mode at the time of electrical-potential-difference impression, when the sub-picture element with which such include-angle conditions are not filled exists, an effectual numerical aperture falls, decline in light transmittance is caused and the electro-optics property when observing from [of the screen] a transverse plane especially falls remarkably.

[0007] In the liquid crystal display in which a liquid crystal molecule has the liquid crystal array condition of being the direction of an azimuth parallel to a substrate, arranging in the random direction or changing continuously in a field parallel to a substrate, the purpose of this invention has an effective numerical aperture with a liquid crystal molecule equivalent to the liquid crystal display of a single crystal-array, and there are few viewing-angle dependencies, and it is offering the liquid crystal display which was moreover excellent in display quality.

[0008]

[Means for Solving the Problem] According to one viewpoint of this invention, the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer is the direction of an azimuth parallel to said substrate, said liquid crystal layer had the condition of having arranged in the random direction or changing continuously in a field parallel to said substrate, and the liquid crystal display which pinched the liquid crystal layer with the substrate with which a pair counters arranges the circular polarization of light plate on each outside of the substrate of said pair.

[0009] According to other viewpoints of this invention, it is the liquid crystal display which pinched the liquid crystal layer with the substrate with which a pair counters. Said liquid crystal layer The liquid crystal molecule of said liquid crystal layer in the direction of an azimuth parallel to said substrate [whether it arranges in the random direction, and] Or the liquid crystal display which has the condition of changing continuously in a field parallel to said substrate, arranges a circular polarization of light plate on one outside of the substrate of said pair, adjoins the substrate side of another side, and has a light reflex plate is also included.

[0010] By having used the circular polarization of light plate for the polarization means, an effectual numerical aperture is raised by invisibility-izing the abnormality orientation condition of the direction of an azimuth in a liquid crystal cell, and forming the field into an effective pixel. This invention is applicable to both a transparency mold liquid crystal display and a reflective mold liquid crystal display.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Usually, although the linearly polarized light plate is stuck on liquid crystal cell order, i.e., a front face, and a rear face, respectively as the example of drawing 35 also showed The liquid crystal molecule of a liquid crystal layer is the direction of an azimuth parallel to said substrate by using a circular polarization of light plate instead of a linearly polarized light plate in this invention. It arranges in the random direction, or even if it is a liquid crystal display with the condition of changing continuously in a field parallel to a substrate, the display condition of having the effective numerical aperture as the liquid crystal display of a single crystal-array with the same liquid crystal molecule is acquired. And there are few viewing-angle dependencies and display quality is excellent.

[0012] The mimetic diagram of the liquid crystal display of the transparency mold by the example of this invention is shown in drawing 1. 10 is a liquid crystal layer and the liquid crystal layer 10 which contains liquid crystal 11 with the transparence substrate of the pair which is not illustrated is pinched. The circular polarization of light plates 20 and 30 are arranged on both the outsides of the liquid crystal layer 10, respectively. The circular polarization of light plate 20 consists of a linearly polarized light plate 21 and a quarter-wave length plate 22. It is arranged so that the direction b of transparency shaft-orientation a of the linearly polarized light plate 21 and the lagging axis of the quarter-wave length

plate 22 may become 45 degrees. Another circular polarization of light plate 30 also consists of a linearly polarized light plate 31 and a quarter-wave length plate 32, and that of the sequence of a linearly polarized light plate and a quarter-wave length plate is reverse.

[0013] That is, parallel arrangement of the transparency shaft is carried out at 45 degrees to a x axis before and behind a liquid crystal cell 10, the quarter-wave length plates 22 and 32 have an all parallel lagging axis, and the linearly polarized light plates 21 and 31 are 0 degree. On this arrangement condition, when only the azimuth theta leans about the x axis, if the liquid crystal molecule 11 shows the transverse-plane outgoing radiation electric field Eout using Jones vector, it will become as a formula 1.

[0014]

[Equation 1]

$$E_{out} = \begin{bmatrix} E_{out-x} \\ E_{out-y} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \cos \theta (e^{i\delta} - 1) e^{-i\theta} + 1 & i \sin \theta (e^{i\delta} - 1) e^{-i\theta} - 1 \\ -\cos \theta (e^{i\delta} - 1) e^{-i\theta} - 1 & -i \sin \theta (e^{i\delta} - 1) e^{-i\theta} + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{in-x} \\ E_{in-y} \end{bmatrix}$$

$$\text{ここで } \delta = \begin{cases} \frac{2\pi \Delta n d}{2} \longrightarrow \text{透過型} \\ 2\pi \Delta n d \longrightarrow \text{反射型} \end{cases} \quad \dots (1)$$

[0015] Here, Ein shows transverse-plane incident light electric field. In deltan, a refractive-index anisotropy and deltand show a retardation and i shows an imaginary unit. Since the electric field Ein which carry out incidence to a liquid crystal cell 10 only pass the circular polarization of light plate 20, they can be expressed with the following formula 2.

[0016]

[Equation 2]

$$\begin{bmatrix} E_{in-x} \\ E_{in-y} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

[0017] If it asks for the outgoing radiation light reinforcement I in consideration of this, as shown in a formula 3, it will become the function of the retardation delta of the liquid crystal layer 10.

[0018]

[Equation 3]

$$I = E_{out} E_{out}^* = \sin^2 \delta \quad \dots (3)$$

[0019] However, Eout* is the complex conjugate of Eout. That is, the transmitted light reinforcement I is unrelated to the bearing theta of liquid crystal orientation, and it depends for it only on the liquid crystal molecular arrangement of the thickness direction of the liquid crystal layer 10.

[0020] The example of a reflective mold liquid crystal display other than the transparency mold liquid crystal display of drawing 1 is shown in drawing 2. Although 40 is a light reflex plate or a reflector and outgoing radiation light penetrates a liquid crystal layer twice by drawing 2, except it, it is the same as that of the example of drawing 1, and the same effectiveness can be acquired.

[0021] Drawing 3 shows another example of a transparency mold liquid crystal display. Having relation relation, and the transparency shaft and lagging axis between the circular polarization of light plates 20 and 50 of order crossed at right angles differs from the case of drawing 1. That is, the transparency shaft c of the linearly polarized light plate 51 of the circular polarization of light plate 50 by the side of outgoing radiation and the transparency shaft a of the linearly polarized light plate 21 of the circular polarization of light plate 20 by the side of incidence intersect perpendicularly mutually, and the lagging axis e of the quarter-wave length plate 52 of the circular polarization of light plate 50 by the side of outgoing radiation and the lagging axis b of the quarter-wave length plate 22 of the circular polarization of light plate 20 by the side of incidence lie at right angles mutually. Also in this example, the same effectiveness as the example of drawing 1 can be acquired.

[0022] Drawing 4 shows another example of a transparency mold liquid crystal display. That the include angle of the transparency shaft a of a polarizer (linearly polarized light plate) 61 and the direction of orientation of the liquid crystal molecule 11 which constitute the circular polarization of light plate 60 by the side of incidence to make has been set up with 45 degrees, and the include angle of the transparency shaft c of an analyzer (linearly polarized light plate) 71 and the direction of orientation of the

liquid-crystal molecule 11 which constitute the circular polarization of light plate 70 by the side of outgoing radiation in connection with it to make is also 45 degrees differs from the case of drawing 1 · drawing 3 . Furthermore, the transparency shaft c of the analyzer 71 of the circular polarization of light plate 70 by the side of outgoing radiation and the transparency shaft a of the polarizer 61 of the circular polarization of light plate 60 by the side of incidence intersect perpendicularly mutually, and the lagging axis e of the quarter-wave length plate 72 of the circular polarization of light plate 70 by the side of outgoing radiation and the lagging axis b of the quarter-wave length plate 62 of the circular polarization of light plate 60 by the side of incidence lie at right angles mutually.

[0023] If the outgoing radiation photoelectrical community reinforcement E_{out} of the example of drawing 4 is shown using Jones vector, it will become as a formula 4.

[0024]

[Equation 4]

$$E_{out} = \begin{bmatrix} E_{x,out} \\ E_{y,out} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{i\delta} \cos^2 \theta + \sin^2 \theta & \sin \theta \cos \theta (e^{i\delta} - 1) \\ \sin \theta \cos \theta (e^{i\delta} - 1) & e^{i\delta} \sin^2 \theta + \cos^2 \theta \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{x,in} \\ E_{y,in} \end{bmatrix}$$

$$E_{out} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ i E_{x,in} (e^{i\delta} + 1) \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

[0025] Furthermore, the outgoing radiation light reinforcement I_{out} comes to be shown in a formula 5.

[0026]

[Equation 5]

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_{in} \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \dots (5)$$

[0027] Also in this example, it becomes the function of the retardation delta of the liquid crystal layer 10, and transmitted light reinforcement becomes unrelated to the azimuth theta of a liquid crystal molecule, and can acquire the same effectiveness as the example of drawing 1 · drawing 3 .

[0028] According to this formula, when a circular polarization of light plate is used, it turns out that transmitted light reinforcement is not related to the azimuth theta of a liquid crystal molecule. When an ideal circular polarization of light plate is used, arrangement with a circular polarization of light plate and a liquid crystal layer is arbitrary, and good. That is, axial bearing of a circular polarization of light plate may be theoretically arbitrary.

[0029] In addition, since the lagging axis of the quarter-wave length plate of the circular polarization of light plate by the side of the incidence of the example of drawing 4 and outgoing radiation is mutually parallel and the hand of cut of the circular polarization of light serves as identitas (all are right-handed rotation or left-handed rotation) by the incidence and outgoing radiation side, a normally white display is obtained. When the lagging axis of the quarter-wave length plate of the circular polarization of light plate by the side of incidence and outgoing radiation is made to intersect perpendicularly mutually by arrangement of drawing 4 , the outgoing radiation light reinforcement I_{out} comes to be shown in a formula 6. In this case, since the hand of cut of the circular polarization of light becomes the circumference of reverse by the incidence and outgoing radiation side, a normally black display is obtained.

[0030]

[Equation 6]

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_{in} \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \dots (6)$$

[0031]

[Example] Next, the result which actually produced and was examined about the example of the liquid crystal display shown in drawing 1 · drawing 3 is explained with reference to drawing 5 and drawing 6 R> 6.

[0032] The slit opening 101 (non-polar zone) was formed for the common electrode 100 which drives the liquid crystal of each pixel in the center section as the shape of a rectangular stripe by 10 micrometers of

the same width of face as a contiguity electrode spacing, orientation control of a liquid crystal molecule was performed using the slanting electric field (a fringing field, ununiformity electric field) by the edge section of a slit, and the combination of the liquid crystal cell which has improved the viewing angle property, and a circular polarization of light plate was used.

[0033] $d = 3.8$ micrometers of cell thickness and the dielectric constant anisotropy of a liquid crystal cell are negative $\Delta\epsilon < 0$, and the electrode spacing (= slit width) of the slit electrode 100 is 10 micrometers. Applied voltage is a rectangle alternating current wave in 4.3Vrms(es). As the light source for measurement, main wavelength used it for the halogen lamp through the NIKON band pass filter which is 530nm. In addition, for reference, what used the conventional linearly polarized light plate was produced, and relative measurement was performed.

[0034] It uses the conventional linearly polarized light plate, and drawing 5 depends drawing 6 on the example of this invention which used the circular polarization of light plate (linearly polarized light plate + quarter-wave length plate) for the same liquid crystal cell, and each is the NIKON polarization microscope and it photos the field which has an electrode on the above-mentioned conditions.

[0035] In the case of the conventional example of drawing 5, the linearly polarized light plate used that with which the polarization microscope is equipped. In this case, since liquid crystal molecular orientation control by ununiformity electric field (slanting electric field) is performed, the direction of bearing orientation of a liquid crystal molecule is not uniform within 1 pixel. Therefore, in spite of impressing the electrical potential difference, as for the field of the liquid crystal molecule arranged in parallel with the transparency shaft orientations f and g of the linearly polarized light plate arranged before and after a liquid crystal cell, it turns out that light transmittance does not rise enough but looks in the shape of [dark] a shadow like a photograph. This is because the director of liquid crystal and the transparency shaft of a dark part of a polarizing plate correspond and it does not fulfill the optimum conditions of 45 degrees in the relation between the direction of orientation, and the transparency shaft orientations of a polarizing plate.

[0036] The linearly polarized light plate using the circular polarization of light plate of drawing 6 which is used for the circular polarization of light plate by the side of incidence in the case of the example of this invention used the built-in thing for the polarization microscope, the quarter-wave length plate used the NIKON object for 530nm, and the Sanritsu circular polarization of light plate was used for another linearly polarized light plate and quarter-wave length plate for circular polarization of light plates. h and i of drawing 6 show the direction of a lagging axis of the quarter-wave length plate of a top and the bottom. x is the transparency shaft orientations of a top linearly polarized light plate, and y shows the transparency shaft orientations of a bottom linearly polarized light plate. The part of the shape of a dark shadow which tries to be the conventional thing of drawing 5 disappears, and the effective numerical aperture is improving so that clearly from the photograph of drawing 6.

[0037] A graph shows the simulation examination result performed to drawing 7 in addition to this. Drawing 7 is the liquid crystal display which uses the circular polarization of light plate of this invention, and is the result of examining what kind of influence it has with the magnitude of the twist angle of the liquid crystal molecule of a liquid crystal cell. In this drawing, (a), (b), (c), and (d) show the case where twist angles are 0 degree, 90 degrees, 180 degrees, and 240 degrees, respectively, an axis of abscissa shows applied voltage and an axis of ordinate shows light transmittance. And a continuous line is the thing of the conventional linearly polarized light plate use in each graph, and it is the case where a dotted line is circular polarization of light plate use of this invention.

[0038] When a circular polarization of light plate is used from drawing 7 so that clearly, as a twist angle becomes large, decline in permeability becomes larger. Therefore, a twist angle has the desirable range of 0 degree - about 200 degrees practical, and is especially desirable. [of the range of 0 degree - 180 degrees]

[0039] Next, the property graph of (a) of drawing 8 shows the examination result about the light transmittance (axis of ordinate) to the applied voltage (axis of abscissa) in the liquid crystal layer of the example of drawing 1, and arrangement of a circular polarization of light plate. The twist angle of liquid crystal was made into 0 degree here. A pre tilt angle is 89.9 degrees (perpendicular orientation). In this case, in the liquid crystal layer 10, even if it rotated the optical axis as a core, a property was hardly different from (a) of drawing 7. That is, it turned out that it can be supposed that the relation of the direction of orientation of a circular polarization of light plate and a liquid crystal molecule is arbitrary.

[0040] Furthermore, the property graph of (b) of drawing 8 shows another examination result of the applied voltage (axis of abscissa) opposite permeability (axis of ordinate) in the liquid crystal layer of the example of drawing 1 $R > 1$, and arrangement of a circular polarization of light plate. The chiral agent was added and the twist angle of liquid crystal was made into 90 degrees. A pre tilt angle is 89.9 degrees (perpendicular orientation). In this case, it fixed and the liquid crystal layer 10 rotated the optical axis for

the circular polarization of light plate 50 by the side of outgoing radiation as a core. In this case, arrangement of drawing 3 will also be included. Thus, even if it rotated the circular polarization of light plate 50, the property of (b) of drawing 8 hardly changed. That is, it turned out that it can be supposed that the arrangement relation of the circular polarization of light plate of order is arbitrary.

[0041] Next, about the example of the liquid crystal display shown in drawing 4, a fundamental configuration is common, the liquid crystal cell of six different conditions of (1) - (6) as shown below is actually created, and the result of the example of an experiment which measured those properties about each is explained. The common manufacture conditions of each [these] cel are as follows. In addition, in notation a-, amorphous one and SH mean a super HOMEOTROPIC pick and HAN means a hybrid arylene DONEMA tick.

[0042]

Substrate: TSP-018 Electrode : [For 10ohm / of field resistance / **:SLIT (slit) orientation] TSP-019 For the 10ohm **:a-SH and light orientation SH TSP-014 except 100ohm **:SH -- orientation film membrane formation: -- spinner use (2000rpm/60sec) orientation film: -- the object for level orientation -- The object for perpendicular orientation, prebaking for optical orientation: They are [C / 90 degree/ object / for postbake:level-for 2 minutes orientation] 120 diameters (only SH cel) of 200-degreeC gap control:3.8 micrometer per microscope 1 / 4 visual field at 160-degreeC and the object for optical orientation in 240-degreeC and the object for perpendicular orientation with a hot plate.

80 diameters of 5.0 micrometer per microscope 1 / 4 visual field (other cels)

Seal: A vacuum impregnation pattern (only SH cel), a capillary tube impregnation pattern (other cels)

Press: They are usually conditions (1.1kg/cm²).

example of experiment (1) 1 shaft a-ECB mode LCD display side orientation film: -- background orientation film for level orientation: -- cel thickness for level orientation: -- 5.0-micrometer liquid crystal: -- MLC-2019 d/p:0deltand:0.387micrometerdeltaepsilon:>0 microphotography : Drawing 9 electro-optics property: example of drawing 17 experiment (2) a-TN mode LCD display side orientation film: -- background orientation film for level orientation: -- cel thickness for level orientation: -- 5.0-micrometer liquid crystal: -- ZLI-3504-100 d/p:0.25deltand:0.485micrometerdeltaepsilon:>0 microphotography : Drawing 11 electro-optics property: example of drawing 19 experiment (3) a-HAN mode LCD display side orientation film: -- background orientation film for perpendicular orientation: -- cel thickness for level orientation: -- 5.0-micrometer liquid crystal: -- ZLI-5200-000 d/p:0deltand:0.6micrometerdeltaepsilon:>0 microphotography : Drawing 10 electro-optics property: drawing 18 -- example of experiment (4) SLIT orientation SH mode LCD display side orientation film: -- background orientation film for perpendicular orientation: -- cel thickness for perpendicular orientation: -- 3.8-micrometer liquid crystal: -- MJ95170+CB-15 d/p: -- 0, 0.25, and 0.7deltand:about 1.0 micrometerdeltaepsilon:<0 microphotography: drawing 12 (a) and (b) -- Drawing 14 (a), (b), drawing 16 R> 6 (a), (b) -- electro-optics property: example of the drawing 20 experiment (5) a-SH mode LCD display side orientation film: -- background orientation film for perpendicular orientation: -- cel thickness for perpendicular orientation: -- 3.8-micrometer liquid crystal: -- MJ95170+CB-15 d/p: -- 0, 0.25, and 0.7deltand:about 1.0 micrometerdeltaepsilon:<0 microphotography: drawing 12 (c), (d), drawing 14 (c), (d), drawing 16 R> 6 (c), (d) -- electro-optics property: drawing 21 -- example of experiment (6) 1 shaft SH mode LCD display side orientation film: -- background orientation film for optical orientation: -- cel thickness for optical orientation: -- 3.8-micrometer liquid crystal: -- MJ95170+CB-15 d/p: -- 0, 0.25, and 0.7deltand:about 1.0 micrometerdeltaepsilon:<0 microphotography: drawing 13, drawing 15, drawing 16 (e), (f) electro-optics property: The usual cel which is drawing 22 and which carried out rubbing of the level orientation film about the cel of amorphous orientation (a-) for the comparison (presumed pre tilt angle of 1.5 degrees) was also created. The optical orientation cel was created on the basis of the pre tilt angle obtained on the exposure conditions 45 degrees from slant to a substrate side by the polarization light source of 254nm wavelength. Liquid crystal impregnation of AMORUFARUSERU was performed in the isotropic phase on the hot plate, and it cooled naturally after impregnation.

[0043] The cel in each above-mentioned mode was created and the polarization microscope observation system performed texture observation of the screen. In the linearly polarized light plate, SQX852-AP-HC and a circular polarization of light plate used Sumitomo Chemical prototype circular polarization of light plate CP-B(right-handed-rotation circular polarization of light plate)/CP-B and CP-B/CP-D (left-handed-rotation circular polarization of light plate). And measurement of an electro-optics property was performed in LCD5000AGS. The linearly polarized light plate and circular polarization of light plate in that case are the same as the thing at the time of texture observation. The reference of the drive wave of glass and a cel is static, and is fixed to 1kHz, and the light source is a halogen lamp.

<Texture observation result> (1) uniaxial-orientation cel drawing 9 In the liquid crystal cell in the a-ECB

mode of the example of an experiment (1), it is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing. This drawing (a) By the case where it has arranged by orthogonality relation before and after the cel of a Prior art, a linearly polarized light plate (b) of this drawing By the case where the circular polarization of light plate by the example of this invention is considered as CP-B/CP-D arrangement, this drawing (c) shows the microphotography at the time of considering the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-B arrangement, respectively.

[0044] Drawing 10 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in the liquid crystal cell in the a-HAN mode of the example of an experiment (3). This drawing (a) By the case where it has arranged by orthogonality relation before and after the cel of a Prior art, a linearly polarized light plate (b) of this drawing By the case where the circular polarization of light plate by the example of this invention is considered as CP-B/CP-D arrangement, this drawing (c) shows the microphotography at the time of considering the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-B arrangement, respectively. In addition, in drawing, an arrow head P shows the transparency shaft orientations of a polarizer 61, and an arrow head A shows the transparency shaft orientations of an analyzer 71, respectively. Moreover, the combination of the circular polarization of light plate with which CP-D serves as the counterclockwise circular polarization of light in the circular polarization of light plate with which CP-B serves as the clockwise circular polarization of light is shown.

[0045] In arrangement of the linearly polarized light plate of (a) of drawing 9 and drawing 10, many fields dark for random nature in liquid crystal orientation are seen, and it turns out that a substantial numerical aperture is low. In CP-B/CP-D arrangement (normally black display), a point defect is seen in the circular polarization of light plate of this drawing (b), but it turns out that it is observed like a seemingly quite uniform orientation condition, and the numerical aperture is improving sharply. Although a photograph is dark and unclear when the circular polarization of light plate of this drawing (c) is considered as CP-B/CP-B arrangement (normally white display), the actual quite uniform display is obtained.

[0046] In addition, although checked in these modes also about the cel which made domain size of amorphous orientation smaller, the difference was not looked at by the homogeneity of a display except that a point defect increased. Therefore, in order to lessen a point defect, it thinks that it is better to enlarge domain size.

Twist orientation drawing 11 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in the liquid crystal cell in the a-TN mode of the example of an experiment (2). (2) This drawing (a) By the case where it has arranged by orthogonality relation before and after the cel by the Prior art, a linearly polarized light plate (b) of this drawing By the case where the circular polarization of light plate by the example of this invention is considered as CP-B/CP-D arrangement, this drawing (c) shows the microphotography at the time of considering the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-B arrangement, respectively.

[0047] Although the direction of orientation is random in the case of a-TN mode, both have acquired almost equivalent homogeneity by the case where the homogeneity of a display considers the circular polarization of light plate of the combination of the conventional linearly polarized light plate of drawing 10 (a), and the example of invention of this drawing (c) as CP-B/CP-B arrangement. Originally, as for the light transmittance of a-TN, it turns out that about 98% of the usual TN is obtained. In addition, the point that the case of this twist orientation differs from optically uniaxial orientation is a normally black display in CP-B/CP-B arrangement, and is that CP-B / CP-D arrangement makes a normally white display. This is considered because the 90 degrees of the polarization directions of light are rotating in the liquid crystal layer.

(3) Perpendicular orientation drawing 12 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in the liquid crystal cell in the SLIT orientation SH mode of the example of an experiment (4), and the random orientation SH mode of the example of an experiment (5). the orientation film for perpendicular orientation -- using it -- the ratio of the cel gap d and the chiral pitch p -- d/p is 0. This drawing (a) a linearly polarized light plate by the case where it has arranged by orthogonality relation before and after the SLIT orientation SH mode cel by the Prior art (b) of this drawing By the case where it considers as CP-B/CP-D arrangement in a SLIT orientation SH mode cel, the circular polarization of light plate by the example of this invention this drawing (c) It is the case where the linearly polarized light plate has been arranged by orthogonality relation before and after the liquid crystal cell in the random orientation SH mode by the Prior art, and this drawing (d) shows the microphotography at the time of considering a circular polarization of light plate as CP-B/CP-D arrangement to the liquid crystal cell in the random orientation SH mode by the example of this

invention, respectively.

[0048] Drawing 13 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in the liquid crystal cell in the optical orientation 1 shaft SH mode of the example of an experiment (6). the orientation film for perpendicular orientation -- using it -- the ratio of the cel gap d and the chiral pitch p -- d/p is 0. This drawing (a) by the case where have arranged the linearly polarized light plate by orthogonality relation, and a tilt angle considers as 89.9 degrees before and behind the optical orientation SH mode cel by the Prior art (b) of this drawing By the case where considered the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-D arrangement in the optical orientation SH mode cel, and a tilt angle considers as 89.9 degrees, this drawing (c) By the case where have arranged the linearly polarized light plate by orthogonality relation, and a tilt angle considers as 89.5 degrees before and behind the optical orientation SH mode cel by the Prior art, this drawing (d) The microphotography in the case where considered the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-D arrangement in the optical orientation SH mode cel by the example of this invention, and a tilt angle considers as 89.5 degrees is shown, respectively.

[0049] Drawing 14 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in the liquid crystal cell in the SLIT orientation SH mode of the example of an experiment (4), and the random orientation SH mode of the example of an experiment (5). a point which uses the orientation film for perpendicular orientation and is different from drawing 12 -- the ratio of the cel gap d and the chiral pitch p -- d/p is referred to as 0.25. This drawing (a) a linearly polarized light plate by the case where it has arranged by orthogonality relation before and after the SLIT orientation SH mode cel by the Prior art (b) of this drawing By the case where it considers as CP-B/CP-D arrangement in a SLIT orientation SH mode cel, the circular polarization of light plate by the example of this invention this drawing (c) It is the case where the linearly polarized light plate has been arranged by orthogonality relation before and after the liquid crystal cell in the random orientation SH mode by the Prior art, and this drawing (d) shows the microphotography at the time of considering a circular polarization of light plate as CP-B/CP-D arrangement to the liquid crystal cell in the random orientation SH mode by the example of this invention, respectively.

[0050] Drawing 15 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in the liquid crystal cell in the optical orientation 1 shaft SH mode of the example of an experiment (6). a point which uses the orientation film for perpendicular orientation and is different from drawing 13 $R > 3$ -- the ratio of the cel gap d and the chiral pitch p -- d/p is referred to as 0.25. This drawing (a) by the case where have arranged the linearly polarized light plate by orthogonality relation, and a tilt angle considers as 89.9 degrees before and behind the optical orientation SH mode cel by the Prior art (b) of this drawing By the case where considered the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-D arrangement in the optical orientation SH mode cel, and a tilt angle considers as 89.9 degrees, this drawing (c) By the case where have arranged the linearly polarized light plate by orthogonality relation, and a tilt angle considers as 89.5 degrees before and behind the optical orientation SH mode cel by the Prior art, this drawing (d) The microphotography in the case where considered the circular polarization of light plate by the example of this invention as CP-B/CP-D arrangement in the optical orientation SH mode cel by the example of this invention, and a tilt angle considers as 89.5 degrees is shown, respectively.

[0051] Drawing 16 is a texture microphotography at the time of no electrical-potential-difference impressing in each liquid crystal cell in the SLIT orientation SH mode of the example of an experiment (4), the random orientation SH mode of the example of an experiment (5), and the optical orientation 1 shaft SH mode of the example of an experiment (6). a point which uses the orientation film for perpendicular orientation and is different from drawing 12-15 -- each -- the ratio of the cel gap d and the chiral pitch p -- d/p is referred to as 0.7. This drawing (a) a linearly polarized light plate by the case where it has arranged by orthogonality relation before and after the SLIT orientation SH mode cel by the Prior art (b) of this drawing By the case where it considers as CP-B/CP-D arrangement in a SLIT orientation SH mode cel, the circular polarization of light plate by the example of this invention this drawing (c) It is the case where the linearly polarized light plate has been arranged by orthogonality relation before and after the liquid crystal cell in the random orientation SH mode by the Prior art. This drawing (d) By the case where it considers as CP-B/CP-D arrangement, a circular polarization of light plate to the liquid crystal cell in the random orientation SH mode by the example of this invention this drawing (e) By the case where have arranged the linearly polarized light plate by orthogonality relation, and a tilt angle considers as 89.5 degrees before and behind the optical orientation SH mode cel by the Prior art, this drawing (f) A microphotography when the circular polarization of light plate by the example of this invention is considered as CP-B / CP-D arrangement in the optical orientation SH mode cel by the

example of this invention and a tilt angle considers as 89.5 degrees is shown, respectively.

[0052] Also in texture observation in the perpendicular orientation mode shown in drawing 12 - drawing 16, it turns out that a black cross disappears in all conditions and only the intersection of a black cross has become a point defect by the case where the circular polarization of light plate of this invention is used, compared with the combination of the conventional linearly polarized light plate. Probably, in random orientation SH mode, the microphotography shows especially that a property improvement is carried out remarkably.

The graph of the electro-optics property of the applied-voltage (axis of abscissa) opposite light transmittance (axis of ordinate) of the a-ECB mode cel of the example of an experiment (1) which carried out the <electro-optics property (1)> uniaxial orientation cel above, and the a-HAN mode cel of the example of an experiment (3) is shown in drawing 17 and drawing 18, respectively. Also in which property Fig., the property of the cel which combined the conventional linearly polarized light plate for the comparison is written in addition. It is a property when a broken line combines a circular polarization of light plate with the a-ECB mode cel by the example of this invention by CP-B/CP-D arrangement by the case where an alternate long and short dash line combines the linearly polarized light plate conventional in an a-ECB mode cel by the case where a continuous line combines a linearly polarized light plate with the conventional single crystal-orientation cel.

[0053] This property Fig. shows that the maximum permeability T_{max} is improving by having used the circular polarization of light plate in an amorphous orientation cel as compared with the case of the conventional linearly polarized light plate use. However, it also turns out that it is less than the property of a single crystal-orientation cel. This is considered that that orientation discontinuity between domains cannot be removed completely has influenced with the circular polarization of light plate.

(2) The graph of the electro-optics property of the applied-voltage pair light transmittance of the a-TN mode cel of the example of an experiment (2) described above to twist orientation cel drawing 19 is shown. Also in which property Fig., the property of the cel which combined the conventional linearly polarized light plate for the comparison is written in addition. It is a property when a fine broken line combines a circular polarization of light plate with the a-TN mode cel by the example of this invention by CP-B/CP-B arrangement by the case where a rude broken line combines a circular polarization of light plate with the a-TN mode cel by the example of this invention by CP-B/CP-D arrangement by the case where an alternate long and short dash line combines the linearly polarized light plate conventional in an a-TN mode cel by the case where a continuous line combines a linearly polarized light plate with the conventional single crystal-orientation cel.

[0054] In the case of a twist orientation cel, the property of drawing 19 shows differing sharply [the property of the combination of a circular polarization of light plate] from the property of combination with a linearly polarized light plate. Therefore, use of the circular polarization of light plate in a twist orientation cel will not lead to improvement in a large property. However, those with 180 degree and a property improvement could expect [rotation of the circular polarization of light] within liquid crystal, when it is used for a reflective mold liquid crystal display.

(3) The graph of the electro-optics property of the applied-voltage pair light transmittance of the SLIT orientation mode cel of the example of an experiment (4) which carried out the perpendicular orientation cel above, the random orientation SH mode cel of the example of an experiment (5), and the uniaxial orientation SH cel of the example of an experiment (6) is shown in drawing 20, drawing 21, and drawing 22, respectively.

[0055] Also in the property Fig. of drawing 20, the property of the cel which combined the conventional linearly polarized light plate for the comparison is written in addition. By the case where a continuous line combines a linearly polarized light plate with the conventional cel ($d/p=0$) By the case where an alternate long and short dash line combines a circular polarization of light plate in a SLIT orientation cel ($d/p=0$) When broken-line ** combines a linearly polarized light plate with a SLIT orientation cel ($d/p=0.25$), When broken-line ** combines a circular polarization of light plate with a SLIT orientation cel ($d/p=0.25$) and broken-line ** combines a linearly polarized light plate with a SLIT orientation cel ($d/p=0.7$), it is a property when broken-line ** combines a circular polarization of light plate with a SLIT orientation cel ($d/p=0.7$).

[0056] The property Fig. of drawing 21 by the case where a continuous line combines a linearly polarized light plate with the conventional cel ($d/p=0$) By the case where an alternate long and short dash line combines a circular polarization of light plate in a random orientation SH cel ($d/p=0$) When broken-line ** combines a linearly polarized light plate with a random orientation SH cel ($d/p=0.25$), When broken-line ** combines a circular polarization of light plate with a random orientation SH cel ($d/p=0.25$), When broken-line ** combines a linearly polarized light plate with a random orientation SH cel ($d/p=0.7$), it is a

property when broken-line ** combines a circular polarization of light plate with a random orientation SH cel ($d/p=0.7$).

[0057] The property Fig. of drawing 22 is a property when broken-line ** combines a circular polarization of light plate with a uniaxial orientation SH cel ($d/p=0.25$). when broken-line ** combines a linearly polarized light plate with a uniaxial orientation SH cel ($d/p=0.25$) by the case where an alternate long and short dash line combines a circular polarization of light plate in a uniaxial orientation SH cel ($d/p=0$) by the case where a continuous line combines a linearly polarized light plate with the conventional cel ($d/p=0$). Each pre tilt angle is 89.5 degrees.

[0058] In the property of drawing 20 - drawing 22, it has checked that Tmax was going up on all orientation conditions in $d/p=0$ which combined the circular polarization of light plate by CP-B/CP-B arrangement, and the conditions of $d/p=0.25$. The value of Tmax is especially high in a random orientation SH cel and a uniaxial orientation SH cel (89.5 degrees). Thus, by use of a circular polarization of light plate, the effective numerical aperture increased sharply and improvement in sharpness has also brought it about. However, Tmax falls on condition that [case / of use of a linearly polarized light plate] $d/p=0.7$. However, the effectiveness of a threshold fall and improvement in sharpness is acquired. That is, by using a circular polarization of light plate on all orientation conditions showed that a black cross was eliminated and a substantial numerical aperture rose. However, when it was the conditions that a d/p value is large, it turned out that there is a phenomenon of reducing Tmax. About this phenomenon, the same result is obtained also by another simulation inspection.

[0059] When the circular polarization of light plate was applied to liquid crystal cells which the amorphous orientation (ASM is included) which does not have torsion within a liquid crystal layer, and a black cross generate, such as slit orientation (orientation by slanting electric field), and random orientation SH, from the above result, it turned out that a substantial numerical aperture improves remarkably and a good electro-optics property is acquired. Especially, it is effective in perpendicular orientation mode, and it turned out that a high effective numerical aperture is obtained without orientation processing. However, addition of the chiral agent in perpendicular orientation does not necessarily lead to improvement in a property. Moreover, a d/p value has the desirable use or less by 0.25.

[0060] Next, example with still more nearly another this invention is explained with reference to drawing 23. Although the circular polarization of light plate of a configuration of having combined the linearly polarized light plate and the quarter-wave length plate before and after the liquid crystal cell has been arranged in the example explained so far, in the example shown in drawing 23, to the display side, the same circular polarization of light plate 80 as the above-mentioned example has been arranged, and the cholesteric film 90 which had the same operation as a circular polarization of light plate in the back light source side of it and the opposite side instead of the circular polarization of light plate has been arranged. The same effectiveness as the case where a circular polarization of light plate is used for both sides also in this example was acquired.

[0061] In addition, as the creation approach of the cholesteric film 90, it is Philips. Research Paper "Molecular Architectures in Thin Films by In-Situ Photopolymerization of Reactive Liquid Crystals" by the D.J.Broer work of Laboratories, SID 95 It can obtain using the approach indicated by Digest and 165. moreover, as an approach of forming a cholesteric film in a back light panel Similarly it is Philips. Research "The paper by the work besides D.J.Broer of Laboratories Reflective Cholesteric Polariser Improving the Light Yield of Back and Side-Lighted Flat Liquid Crystal Displays", ASIA What is indicated by Display'95 can be used.

[0062] The liquid crystal display of almost all formats, such as the thing of the multi-domain structure where the direction of an azimuth of liquid crystal carries out random or continuous change as a format of a liquid crystal display which can apply this invention, a transparency mold, a reflective mold, a horizontal or a perpendicular orientation ECB mold, an amorphous TN mold, the axial symmetry orientation LCD, ASM-LCD, LCD driven by the ununiformity electric field by the electrode which prepared the slit, and TFT-LCD, serves as the object. For example, the liquid crystal cell in a ECB mode, a TN mode, a HAN mode, slit orientation SH mode, a SH mode, and 1 shaft SH mode is applied.

[0063] Next, as a circular polarization of light plate used in the example of this invention explained above, when using the combination of a linearly polarized light plate and a quarter-wave length plate, the example which uses what carried out the laminating of the film which extended and created PC (polycarbonate), PES (polyether sulfide), etc. to the quarter-wave length plate is explained below.

[0064] what stuck two films -- two sheets are stuck, it is a " type circular polarization of light plate, and there are some which laminated the 1/2-wave film and quarter-wave length film of the above-mentioned ingredient in piles on the linearly polarized light film as a configuration of the circular polarization of light plate. In this case, the combination of a 1/2-wave film and a quarter-wave length film is constituted

so that the wavelength dispersion nature approximated to the ideal quarter-wave length plate property may be shown. in addition, it arranges and one quarter-wave length film was stuck on the linearly polarized light film so that the transparency shaft orientations of a linearly polarized light film and the direction of a lagging axis of a quarter-wave length film might become 45 degrees -- "one sheet is stuck and there is also a" type circular polarization of light plate. This is usually used for the purpose of acid resisting, or is used by a touch switch etc.

[0065] "2 sheet -- sticking -- the quarter-wave length film for" type circular polarization of light plates -- "the result of having stuck one sheet, having actually prepared the" type film, and having conducted the performance-evaluation experiment as a quarter-wave length plate is shown in drawing 24 . As for the graph of drawing 24 , an axis of ordinate shows [an axis of abscissa] a retardation value on wavelength. One made from PC was stuck with the film, and one made from PES was stuck with the film, and two kinds (quarter-wave length differs from CX-137.5nm and CX-150nm) were prepared, and two made from PC were stuck as an experiment sample, and it measured [it is a gaging system using a photoelasticity modulation element, and] by the wavelength of 632.8nm, and 543.5nm. And the result of having carried out the curve fitting of the measured value on the point plotting [observation] using the model type according to Cauchy's wavelength dispersion type is the graph of drawing 24 .

[0066] In drawing 24 , the straight line of a thick continuous line is the property of an ideal quarter-wave length plate. On the other hand, the curve which plotted the black rectangular head of a fine dotted line sticks two PCs, and in the property of the quarter-wave length film of a type, others stick one sheet, and it turns out that it is the closest to an ideal property as compared with the property of a type. In order to obtain an ideal quarter-wave length plate from this experimental result, also sticking the small PES film of wavelength dispersion nature two sheets, and making it a configuration turns out to be the need.

[0067] furthermore, another experiment -- setting -- as a normally black display mold -- a quarter-wave length film -- creating -- a spectrum -- spectral characteristics were measured. What stuck a linearly polarized light plate and one PC, and combined the quarter-wave length film of a type in this experiment so that it might become a right-handed-rotation circular polarization of light plate, By arrangement to which the direction of a lagging axis is mutually parallel, what stuck a linearly polarized light plate and one PC, and combined the quarter-wave length film of a type so that it might become a left-handed-rotation circular polarization of light plate The sample stuck in parallel with the glass substrate of 0.3mm thickness (parallel arrangement sample), What stuck a linearly polarized light plate and one PC, and combined the quarter-wave length film of a type so that it might become a right-handed-rotation circular polarization of light plate, By arrangement arrangement and the direction of a lagging axis cross at right angles mutually, what stuck a linearly polarized light plate and one PC, and combined the quarter-wave length film of a type so that it might become a left-handed-rotation circular polarization of light plate the sample (cross arrangement sample) stuck in parallel with the glass substrate of 0.3mm thickness -- preparing -- the spectrum of each sample -- the spectrum was measured using Shimadzu UV-3100 spectroscope. Measurement wavelength is a visible region (380-780nm). Drawing 25 shows the graph of the experimental result.

[0068] Black level is good only in a specific narrow wavelength field so that it may be expected also from the retardation property of drawing 24 with the circular polarization of light plate of the parallel arrangement plotted on the curve of a continuous line from the measurement result of drawing 25 . Except the wavelength field, since it has shifted from quarter-wave length, optical leakage arises greatly. On the other hand, with the circular polarization of light plate of cross arrangement of a dotted line, it turns out that good black level is obtained in a wide range wavelength field.

[0069] that to which the film combined with a linearly polarized light plate was stuck one PES with one PC **** and two PCs **** as a circular polarization of light plate of the above-mentioned cross arrangement in still more nearly another experiment, and the polarization shaft considered two kinds (quarter-wave length differs) of each type, and two linearly polarized light plates for a comparison as cross arrangement -- preparing -- a spectrum -- spectral characteristics are measured and the result is shown in drawing 26. And the brightness value (Y %) of the transmitted light of these samples is shown in Table 1.

[0070]

[Table 1]

クロス配置時輝度Y

1/4 波長フィルム	輝度 Y%
CX-137.5nm	0.03
CX-150nm	0.03
PC1 枚	0.06
PC 2 枚貼り合わせ	0.12
直線偏光板 クロス	0.01

[0071] From the experimental result of drawing 26, it sticks in a retardation property two PCs which were the closest to the ideal quarter-wave length plate, and the property (white rectangular head) of the circular polarization of light plate of a type has permeability and the highest brightness value. By sticking one PC and sticking a type and one PES to it, although the thing of a type is less than the thing of cross arrangement of a linearly polarized light plate, fairly good black level is obtained. However, it sticks one PES and the thing of a type has low black level brightness a little.

[0072] Although it stuck two PCs in retardation measurement and it was expected from the above measurement result that the thing of a type was effective, in the synthetic evaluation result, a result from which one sheet is stuck and black level sufficient also by the type is obtained was brought. It is thought that the lagging axis of the film of the circular polarization of light plate of left-handed rotation and right-handed rotation is cross arrangement, and this reason is because a retardation is canceled.

[0073] Furthermore, when the thing of cross arrangement (lagging-axis rectangular cross) of the circular polarization of light plate of the left-handed rotation which stuck one sheet and used the quarter-wave length plate of a type and right-handed rotation which were considered to be effective from the above-mentioned experiment had been arranged to the actual liquid crystal cell, it experimented in what kind of effectiveness is acquired. For the comparison, LCD of arrangement of only a linearly polarized light plate and LCD of parallel arrangement (lagging-axis parallel) of the circular polarization of light plate of left-handed rotation and right-handed rotation were also prepared for the conventional liquid crystal cell, and the evaluation experiment was conducted. The liquid crystal cell was made into the quadrisection perpendicular orientation dot matrix. The microphotography of the result is shown in drawing 27.

[0074] The good multi-domain orientation which the field where (a) of drawing 27 becomes dark to polarizing plate transparency shaft orientations in the case of LCD of arrangement of only a linearly polarized light plate generates is obtained. However, between each domain is observed black and it turns out that an effective numerical aperture is low. Although it is LCD of parallel arrangement of the circular polarization of light plate of left-handed rotation and right-handed rotation and the melanism between domains like [in (a)] has stopped being conspicuous, as for this drawing (b), the part between the lines which they are between each dot also floats, and is in sight, and its contrast is not good, either. Moreover, the phenomenon in which a display colored was seen. This drawing (c) was the case of cross arrangement of the circular polarization of light plate of left-handed rotation and right-handed rotation, the dark field seen by (a) was removed nearly completely, and its effectual numerical aperture improved sharply. With the sample of this experiment, when the maximum permeability was (c), compared with (a), it improved about 40%. In addition, both of contrast were 500 or more.

[0075] In the normally black transparency mold which right-handed rotation and left-handed rotation stuck one sheet, and has arranged the circular polarization of light plate using type $\lambda/4$ plate on both sides of a cel from the above result, it turned out that arrangement of the lagging axis of the quarter-wave length plate of a circular polarization of light plate is excellent in the case of a rectangular cross, i.e., cross arrangement.

[0076] In addition, in an experiment, although the cel of the simple matrix structure in ECB mode was used, if it is in ECB mode, this invention can be applied not only to a simple matrix but to the liquid crystal cell of an active-matrix mold, and the same effectiveness will be acquired. of course, the modes other than ECB -- also obtaining -- it is applicable. Moreover, it turned out that a quarter-wave length film is stuck two sheets, and is stuck one sheet rather than a type, and the direction of a type is excellent also in the case of cross arrangement.

[0077] Next, the example of this invention which has improved the viewing-angle property which are requirements important as a display is explained. Generally viewing-angle compensation in a perpendicular orientation cel was performed by inserting the NOC film which is a negative optically uniaxial phase contrast plate between a liquid crystal phase and a polarizing plate. However, since the quarter-wave length film of a circular polarization of light plate is a forward 1 shaft film as it is the case

where a circular polarization of light plate is used like this invention, when it is used combining an NOC film, both property is offset and there is a problem, for example, the problem that the field which does not carry out display reversal with a viewing angle compared with the combination of a linearly polarized light plate and an NOC film becomes narrow, that a viewing-angle property is not improvable.

[0078] The mimetic diagram of the liquid crystal display of the transparency mold which combined the NOC film with the perpendicular orientation cel and the circular polarization of light plate is shown in drawing 28. 110 is a liquid crystal layer and the liquid crystal layer 110 which contains liquid crystal 111 with the transparency substrate of the pair which is not illustrated is pinched. Another [which consists of a circular polarization of light plate 120 which consists of a linearly polarized light plate 121 and a quarter-wave length plate 122, and the linearly polarized light plate 131 and the quarter-wave length plate 132] circular polarization of light plate 130 is arranged on both the outsides of the liquid crystal layer 110. It is arranged so that the transparency shaft orientation (arrow head) of the linearly polarized light plate 121 and the direction of the lagging axis of the quarter-wave length plate 122 (arrow head) may become 45 degrees. Furthermore, the NOC film 123 is arranged between the linearly polarized light plate 121 and the quarter-wave length plate 122, and the NOC film 133 is arranged, respectively between the linearly polarized light plate 131 and the quarter-wave length plate 132.

[0079] In the case where an NOC film is combined with the linearly polarized light plate and perpendicular orientation cel which do not use the conventional circular polarization of light plate, it becomes the configuration which removed the quarter-wave length plate 122, the quarter-wave length plate 132, and the NOC film 133 from the configuration of drawing 28.

[0080] LCD of the combination of the circular polarization of light plate of drawing 28 and an NOC film and LCD of the combination of the conventional linearly polarized light plate and an NOC film are created, and the result of having performed the duty drive and the static drive by each, and having measured the viewing-angle property is shown in drawing 29 and drawing 30. Drawing 29 is 1 / 240 duty drive conditions in 16.49bias, (a) is LCD of the conventional linearly polarized light plate +NOC film, and (b) is the viewing-angle property of LCD of a circular polarization of light plate +NOC film. It is the static drive which drawing 30 made Tmax ON electrical potential difference, and made 0V the OFF electrical potential difference, and (a) is LCD of the conventional linearly polarized light plate +NOC film, and (b) is the viewing-angle property of LCD of a circular polarization of light plate +NOC film. the linearly polarized light plate (what is used as a circular polarization of light plate should be included) used in this measurement experiment -- the NITTO DENKO make -- it is G1220DUN and the quarter-wave length plate which what it is Sumitomo Chemical VAC-C430 which combines the conventional linearly polarized light plate, and is combined with a circular polarization of light plate is the same, and an NOC film is VAC-C160, and is used for a circular polarization of light plate used Sekisui Chemical CX-137.6nm.

[0081] In the duty drive of drawing 29, the viewing-angle compensation by the NOC film takes effect, and the thing of the linearly polarized light plate of (a) has an isotropic and uniform viewing-angle property. However, the display reversal field which showed the thing of the circular polarization of light plate of (b) in 45 degrees which is the transparency shaft orientations of a linearly polarized light plate, and the direction of 135 degree by hatching has appeared.

[0082] Moreover, in the static drive of drawing 30, the reversal field as a duty drive where the thing of the circular polarization of light plate of (b) is the same appeared to the things of the linearly polarized light plate of (a) being a direction -- the transparency shaft orientations of a linearly polarized light plate show a good viewing-angle property especially -- and a uniform property.

[0083] It is LCD in order to obtain LCD without the above problems in the combination of this circular polarization of light plate and the NOC film for viewing-angle compensation. The optimization conditions of the film which performs simulation by the MASTER simulator and is stuck on a liquid crystal cell were examined. The configuration of LCD of simulation is what was shown by drawing 28, the liquid crystal cell was quadrisection orientation, a quarter-wave length plate shall have an ideal wavelength dispersion property, and the NOC film assumed the ideal case where there was no lagging axis like a VAC film. For the comparison, simulation was performed also about the case of the combination of a LCD and an NOC film with the conventional linearly polarized light plate.

[0084] In the case of the linearly polarized light plate of the former [drawing 31], (a) is contrast properties, such as the simulation, and these drawings (b) are luminance (brightness) properties, such as black level. Drawing 32 is the combination of a circular polarization of light plate and an NOC film, (a) is contrast properties, such as the simulation, and these drawings (b) are luminance properties, such as black level.

[0085] In the graph of a contrast [drawing 32 / drawing 31 ,] property, the place where the field drawn darkly is low and its contrast is bright indicates that contrast is a high field. Moreover, the graph of

luminance properties, such as black level, indicates that the place where the field drawn darkly is low and its brightness is brighter is [brightness] a high field.

[0086] Both the properties of contrast and brightness optimized the NOC film retardation, and LCD of a linearly polarized light plate had the optimal case of a film equivalent to VAC-C430. On the other hand, in the circular polarization of light plate LCD, it is sticking VAC-C430 on both sides of a cel, and the reversal field (black field) shifted outside most. This cause can consider mostly that an optical omission is intense in an omnidirection, when a viewing angle is shaken so that it may understand, if a ** luminance property is seen. This will be considered because there is effectiveness which cancels a mutual property if the NOC film which are the quarter-wave length plate which is a forward 1 shaft film, and a negative 1 shaft film combines. That is, the retardation of the thickness direction of a quarter-wave length plate is considered to serve to degrade the viewing-angle compensation capacity of an NOC film.

[0087] Then, when it seemed that the size relation to $N_x > N_y > N_z$ (however, N_x shows the refractive index of the direction of 90 degree-270" of drawing 31 and the direction where direction of 180 degree-0" of these drawings and N_z of N_y are perpendicular to space.) of the refractive index in "the biaxial film which adds an operation of an NOC film to the quarter-wave length plate itself", i.e.; a film, becomes, it was considered whether an improvement would be possible.

[0088] The viewing-angle property at the time of using for drawing 33 the biaxial film optimized by simulation as a quarter-wave length plate is shown. In this drawing, (a) is contrast properties, such as the simulation, and these drawings (b) are luminance properties, such as black level. The quarter-wave length plate 122 of drawing 28 is extended in the x directions (the direction of a lagging axis), and the quarter-wave length plate 132 is extended in the direction (the direction of a lagging axis) of y. As an example of $N_x > N_y > N_z$, they are $N_x = 1.5017$, $N_y = 1.50105$, and the biaxial film of $N_z = 1.49782$ (film thickness = 211.6 micrometers).

[0089] In view of contrast properties, such as (a) etc. of drawing 33, the display reversal field was completely removable. Especially, a viewing angle is large to the direction of a lagging axis of a quarter-wave length plate. This is equivalent to the condition of having lost drawing 29 and the display reversal field of 30 exactly. Since the optical omission of the direction of a lagging axis of a quarter-wave length plate was especially controlled so that it might understand, if luminance properties, such as black level of this drawing (b), were seen, this reason for an improvement is considered. However, since the improvement of a viewing angle to a polarizing plate transparency shaft like [in the case of LCD of a linearly polarized light plate] is not found, when cell size is to some extent large, it may be sensed that a viewing angle is sensuously narrow.

[0090] Then, simulation examined conditions which a viewing angle twists widely also to the transparency shaft orientations of a linearly polarized light plate. Consequently, the property as stuck two VAC films and shown in drawing 3434 on conditions was acquired. In this drawing, (a) is contrast properties, such as the simulation; and these drawings (b) are luminance properties, such as black level. Although display reversal appears in the direction of a lagging axis of a quarter-wave length plate in this property, the optical omission condition of black level is better than the case of the mere 1 shaft film of drawing 32 rather.

[0091] Furthermore, although the conditions which search the conditions from which a viewing angle good to linearly polarized light plate transparency shaft orientations is acquired by simulation, and do not have display reversal were looked for, when optical omission control of black level was thought as important, the conditions in the simulation of drawing 34 were the optimal.

[0092] As mentioned above, although this invention was explained in accordance with the example, this invention is not restricted to these. For example, probably, it will be obvious to this contractor for various modification, amelioration, and combination to be possible.

[0093]

[Effect of the Invention] In a liquid crystal display with the liquid crystal array condition that a liquid crystal molecule arranges in the random direction in the direction of an azimuth parallel to a substrate, or is changing continuously in a field parallel to a substrate as explained above By using a circular polarization of light plate as a polarizer and an analyzer, a liquid crystal molecule has the same effective numerical aperture as the liquid crystal display of the single crystal-array of the uniform direction orientation, can fall a viewing-angle dependency, and, moreover, can raise display quality.

[0094] If electric field apply to an uneven liquid crystal cell within a pixel, the abnormality orientation condition in the direction of an azimuth of a liquid crystal molecule can be invisibility-ized even in such a case, and the field can be formed into an effective pixel, and an effectual numerical aperture can be improved.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram having shown the arrangement relation between the liquid crystal layer of a transparency mold liquid crystal display, and a circular polarization of light plate by the example of this invention.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram having shown the arrangement relation between the liquid crystal layer of a reflective mold liquid crystal display, and a circular polarization of light plate by other examples of this invention.

[Drawing 3] It is the mimetic diagram having shown the arrangement relation between the liquid crystal layer of a reflective mold liquid crystal display, and a circular polarization of light plate by another example of this invention.

[Drawing 4] It is the mimetic diagram having shown another arrangement relation between the liquid crystal layer of a transparency mold liquid crystal display, and a circular polarization of light plate by still more nearly another example of this invention.

[Drawing 5] It is the microphotography of the liquid crystal cell which has the slit electrode which used the conventional linearly polarized light plate.

[Drawing 6] It is the microphotography of the liquid crystal cell which has the slit electrode which used the circular polarization of light plate of this invention.

[Drawing 7] It is the graph which shows the result of having carried out simulation examination of the change of the light transmittance property by the difference in the twist angle of the liquid crystal cell by the example of this invention.

[Drawing 8] It is the graph which shows the result of having carried out simulation examination of the change of the light transmittance property of the liquid crystal cell by the example of this invention.

[Drawing 9] It is the microphotography of an a-ECB mode liquid crystal cell.

[Drawing 10] It is the microphotography of an a-HAN mode liquid crystal cell.

[Drawing 11] It is the microphotography of an a-TN mode liquid crystal cell.

[Drawing 12] It is the microphotography of a slit orientation SH mode liquid crystal cell and a random orientation SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 13] It is the microphotography of SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 14] It is the microphotography of a slit orientation SH mode liquid crystal cell and a random orientation SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 15] It is the microphotography of SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 16] It is the microphotography of a slit orientation SH mode liquid crystal cell, a random orientation SH mode liquid crystal cell, and SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 17] It is the graph which shows the electrical-potential-difference pair light transmittance property of a 1 shaft ECB mode liquid crystal cell.

[Drawing 18] It is the graph which shows the electrical-potential-difference pair light transmittance property of a 1 shaft HAN mode liquid crystal cell.

[Drawing 19] It is the graph which shows the electrical-potential-difference pair light transmittance property of an a-TN mode liquid crystal cell.

[Drawing 20] It is the graph which shows the electrical-potential-difference pair light transmittance property of a slit orientation SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 21] It is the graph which shows the electrical-potential-difference pair light transmittance property of a random orientation SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 22] It is the graph which shows the electrical-potential-difference pair light transmittance property of a perpendicular orientation SH mode liquid crystal cell.

[Drawing 23] It is the mimetic diagram having shown the configuration of still more nearly another example of the transparency mold liquid crystal display by this invention.

[Drawing 24] as the quarter-wave length film for circular polarization of light plates -- "2 sheet -- sticking -- a" type thing -- "one sheet is stuck and it is the graph of the performance-evaluation experimental result of a" type thing.

[Drawing 25] It is the property comparison graph of the thing of parallel arrangement of the quarter-wave length plate of a circular polarization of light plate, and the thing of cross arrangement.

[Drawing 26] Two sheets are stuck with the thing of cross arrangement of the quarter-wave length plate of a circular polarization of light plate, and one sheet ****, and it is the property comparison graph of a type.

[Drawing 27] It is the evaluation experimental result of LCD of each arrangement of the circular polarization of light plate of the arrangement of only a linearly polarized light plate and parallel arrangement to the conventional liquid crystal cell, and a cross arrangement circular polarization of light

plate.

[Drawing 28] It is the mimetic diagram of an example of the liquid crystal display of the transparency mold which combined the NOC film with the perpendicular orientation cel and the circular polarization of light plate.

[Drawing 29] It is the result of performing a duty drive by LCD of the combination of the conventional linearly polarized light plate and an NOC film, and LCD of the combination of a circular polarization of light plate and an NOC film, and a viewing-angle property measuring.

[Drawing 30] It is the result of performing a static drive by LCD of the combination of the conventional linearly polarized light plate and an NOC film, and LCD of the combination of a circular polarization of light plate and an NOC film, and measuring a viewing-angle property.

[Drawing 31] It is a simulation graph in the case of the combination of a LCD and an NOC film with the conventional linearly polarized light plate.

[Drawing 32] It is a simulation graph in the case of the combination of a LCD and an NOC film with a circular polarization of light plate.

[Drawing 33] It is a viewing-angle property at the time of using the biaxial film optimized by simulation as a quarter-wave length plate.

[Drawing 34] It is the viewing-angle property which stuck two biaxial films and carried out simulation on conditions.

[Drawing 35] It is the mimetic diagram having shown the arrangement relation of the liquid crystal layer of penetrated type ***** and polarizing plate using the conventional linearly polarized light plate.

[Description of Notations]

10,110 Liquid crystal layer

11,111 Liquid crystal molecule

20, 30, 50, 60, 70, 80,120,130 Circular polarization of light plate

21, 31, 51, 61, 71, 81,121, 131 Linearly polarized light plate

22, 32, 52, 62, 72, 82,122, 132 Quarter-wave length plate

40 Reflecting Plate

60 Electrode

61 Slit

90 Cholesteric Film

100 Common Electrode

101 Slit Opening

123,133 NOC film

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.